



TUGAS AKHIR – RC 14-1501

**ANALISA RISIKO KECELAKAAN KERJA
PROYEK MARVELL CITY LINDEN TOWER SURABAYA
DENGAN METODE FMEA (FAILURE MODE AND ANALYSIS)
DAN FTA (FAULT TREE ANALYSIS)**

MIRA ANJAR GITA
NRP. 3113.105.029

Dosen Pembimbing
Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2015



TUGAS AKHIR – RC 14-1501

**ANALISA RISIKO KECELAKAAN KERJA
PROYEK MARVELL CITY LINDEN TOWER SURABAYA
DENGAN METODE FMEA (FAILURE MODE AND ANALYSIS)
DAN FTA (FAULT TREE ANALYSIS)**

MIRA ANJAR GITA
NRP. 3113.105.029

Dosen Pembimbing
Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2015



FINAL PROJECT - RC 14-1501

**ACCIDENT WORKING RISK ANALYSIS
ON MARVELL CITY LINDEN TOWER SURABAYA PROJECT
BY FAILURE MODE AND ANALYSIS METHOD (FMEA)
AND FAULT TREE ANALYSIS METHOD (FTA)**

MIRA ANJAR GITA
NRP. 3113.105.029

Supervisor
Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT
NIP. 1982073112008121002

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2015



FINAL PROJECT - RC 14-1501

**ACCIDENT WORKING RISK ANALYSIS
ON MARVELL CITY LINDEN TOWER SURABAYA PROJECT
BY FAILURE MODE AND ANALYSIS METHOD (FMEA)
AND FAULT TREE ANALYSIS METHOD (FTA)**

MIRA ANJAR GITA
NRP. 3113.105.029

Supervisor
Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT
NIP. 1982073112008121002

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2015

**ANALISA RISIKO KECELAKAAN KERJA
PROYEK MARVELL CITY LINDEN TOWER
SURABAYA DENGAN METODE FMEA (*FAILURE
MODE AND ANALYSIS*) DAN FTA (*FAULT TREE
ANALYSIS*)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh :
MIRA ANJAR GITA
NRP. 3113 105 029**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Cahyono Bintang N., ST. MT

(Pembimbing 1)



**SURABAYA
JULI, 2015**

**Analisa Risiko Kecelakaan Kerja
Proyek Marvell City Linden Tower Surabaya
Menggunakan Metode FMEA (*Failure Mode And Effect
Analysis*) Dan FTA (*Fault Tree Analysis*)**

Nama : Mira Anjar Gita

NRP : 3113105029

Jurusan : Teknik Sipil

Dosen Pembimbing : Cahyono Bintang Nurcahyo.,ST.,MT.

Abstrak

Risiko merupakan sesuatu yang sangat melekat dalam setiap kegiatan. Potensi risiko pasti juga terjadi pada proyek konstruksi Marvell City yang merupakan icon terbaru kota Surabaya. Proyek tersebut merupakan bangunan tingkat tinggi yang sangat beresiko dalam hal kecelakaan kerja. Penulisan penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui risiko dominan, dan mengetahui faktor penyebab dari risiko dominan.

Penelitian ini menggunakan 2 metode yaitu metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* untuk mengetahui risiko – risiko apa saja yang paling dominan dan metode *Fault Tree Analysis (FTA)* untuk mengetahui faktor penyebab risiko – risiko tersebut. Setelah diidentifikasi dan dianalisa risiko – risiko tersebut maka dilakukan langkah – langkah untuk mengetahui kombinasi basic event dengan metode *MOCUS (Method Obtain Cut Set)*.

Hasil dari penelitian tugas akhir ini adalah mengetahui risiko kecelakaan kerja yang dominan dengan metode FMEA adalah Terpapar debu / asap kendaraan (CO_2) pada pekerjaan Galian dan Timbunan Tanah, Terkena tumpahan adukan beton dari mixer pada pekerjaan Pengecoran (*In Situ Concrete*), Jari tersayat ujung tulangan / tergores besi beton yang sudah terpotong pada pekerjaan produksi dan pembesian (*rebar fabrication*).

Untuk Faktor Penyebab risiko kecelakaan kerja dominan berdasarkan metode yang digunakan (metode FTA) adalah : Terkena tumpahan adukan beton dari mixer pada pekerjaan Pengecoran (*In Situ Concrete*) disebabkan oleh 4 faktor yaitu factor manusia, factor manajemen, factor lingkungan dan factor teknis. Faktor manusia penyebab yang paling mendasar adalah tidak menggunakan APD, kurang pengetahuan, bercanda, motivasi kurang. Faktor manajemen penyebab yang paling mendasar adalah perawatan kurang tepat, kurangnya waktu pengawasan, penjadwalan kurang tepat. Dalam factor lingkungan penyebab yang paling mendasar adalah tidak ada rambu pengaman, licin, tidak rapi. Faktor teknis penyebab yang paling mendasar adalah penempatan alat yang kurang tepat, alat tidak sesuai standar, alat tidak layak pakai

Kata Kunci : Manajemen Risiko, *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*, *Fault Tree Analysis (FTA)*, Apartemen, K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja), *MOCUS (Method of Minimal Cut Set)*

Accident Working Risk Analysis on Marvell City Linden Tower Surabaya Project by Failure Mode And Effect Analysis Method and Fault Tree Analysis Method

Name : Mira Anjar Gita

NRP : 3113.105.029

Department : Teknik Sipil

Supervisor : Cahyono Bintang N.,ST.,MT.

Abstract

Risk is a thing that closely happen in every human activity. All activities that are done would possibly have potential risk. A potential risk would also be possible happen in Marvell City Linden Tower Project that becomes a new landmark in Surabaya. The project is Skyscraper city that have high risk on working accident. This research aims to find out the dominant risk and its factors.

The previous data gathered from the project is a probability analysis. Thus, this research applied two methods in analyzing , those methods are Failure Mode And Effect Analysis Method (FMEA) for finding dominant risks and Fault Tree Analysis Method (FTA) for identifying the causes of the dominant risks. Having can be identified and analyzed that risks by using those methods, this research did some steps by using Method for Obtain Cut Set (MOCUS) for finding basic event combination.

The result of this research on finding the working risk in Marvell City Linden Tower Project by Failure Mode And Effect Analysis Method (FMEA) are dust exposure (CO₂) on excavation and barrow work, concrete spilled up from ready mixed on in situ concrete work, finger cut ends of reinforcement / steel concrete on rebar fabrication. There are four influencing factors on working accident for in situ concrete work. Those factor are human, management, environment and technical. The basic

causes from human factors are the minimum knowledge, the low motivation, the high joking on working, and the low awareness of using safety equipment. In terms of management factor, the top three causes are the low maintenance, the low supervising, the low scheduling. Environment factors such as minimum safety signs, untidy and slick working area contribute on this problem. And technical problem that causes the risk are miss placing tools, unstandard tools, and improper tools.

Keywords : Risk Management, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Fault Tree Analysis (FTA), Apartment, Health and Safety Engineering, MOCUS (Method for Obtain Cut Set)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Lintas Jalur S1 Teknik Sipil – Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS Surabaya. Karena keterbatasan penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini yang berjudul “**Analisa Risiko Kecelakaan Kerja Proyek Marvell City Linden Tower Surabaya Dengan Metode Fmea (Failure Mode And Effect Analysis) Dan Fta (Fault Tree Analysis)**”, maka penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun yang dapat penulis jadikan sebagai masukan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Tidak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam berbagai hal sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan yaitu kepada :

1. Kedua Orang Tua saya atas doa dan dukungan berupa moral maupun material.
2. Bapak Cahyono Bintang Nurcahyo, ST. MT. yang telah memberikan ilmu dan motivasi pada penulis sehingga mampu menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Budi Suswanto, ST. MT. PhD. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
4. PT. Ciriayasa selaku konsultan manajemen yang membantu mendapatkan data.
5. Bapak Arif selaku kepala safety officer yang banyak membantu dalam banyak hal serta staff-staff yang bersedia menjadi responden dalam kuesioner.
6. Kakak perempuan dan si kecil, Lyla Anggerwina Kusuma dan Akmal Ghazy Al Faruq Sugiarto yang selalu memberikan motivasi dan dukungan kepada saya.
7. Sahabat – sahabat saya Mawarda Warra Iffahni dan Rosanita Algivania yang selalu memberikan dukungan berupa doa

dan semangat kepada saya dikala saya sedang tidak percaya diri.

8. Pihak pihak UPT Bahasa ITS dan karyawan birokrasi LJ ITS yang membantu saya dalam administrasi menjelang sidang Tugas Akhir

9. Teman-teman LJ Teknik Sipil angkatan 2013

10. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu yang telah membantu saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Kami berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kami dan bagi para pembaca.

Surabaya, Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan.....	iii
Abstrak	v
Abstract	vii
Kata Pengantar	ix
Daftar Isi	xi
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar	xiv
Daftar Lampiran	xv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum	7
2.1.1 Proyek Konstruksi	7
2.1.2 Proyek Konstruksi Gedung.....	7
2.2 Manajemen Risiko	8
2.3 Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja.....	9
2.4 Hubungan Manajemen K3 dengan Manajemen Risiko.....	10
2.5 Analisa Risiko.....	11
2.5.1 Identifikasi Risiko.....	12
2.5.2 Penilaian Risiko	13
2.5.3 Metode dalam Analisa Risiko.....	14

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Konsep Penelitian	25
3.2 Rancangan Penelitian.....	26
3.2.1 Variabel Penelitian.....	26
3.2.2 Populasi dan Sampel Penelitian.....	26
3.3 Data dan Teknik Pengumpulan Data	27
3.3.1 Jenis Data.....	27
3.3.2 Survey Kuesioner.....	28
3.3.3 Teknik Pengumpulan Data	28
3.3.4 Langkah Penelitian	28
3.4 Analisa Data	29

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penelitian.....	33
4.1.1 Profil Perusahaan Kontraktor.....	33
4.1.2 Proyek Proyek.....	33
4.1.3 Profil Responden	34
4.2 Identifikasi Potensi Mode Kegagalan.....	35
4.3 Analisis Respon Risiko dengan Metode FMEA	36
4.4 Identifikasi Sumber Penyebab Kecelakaan dengan Metode FTA	64
4.4.1 Menentukan Top Event.....	65
4.4.2 Menentukan Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja.....	66
4.4.3 Menentukan Intermediete Event.....	66
4.4.4 Menentukan Basic Event	67
4.4.5 Penggambaran FTA (<i>Fault Tree Analysis</i>).....	70
4.5 Kombinasi Basic Event dengan Metode MOCUS.....	80

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	91
5.2 Saran	93

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Skala Keparahan (<i>Severity</i>) untuk FMEA	18
Tabel 2.2 Skala Kejadian (<i>occurrence</i>) untuk FMEA.....	19
Tabel 2.3 Skala Deteksi (<i>Detection</i>) untuk FMEA.....	20
Table 2.4 Simbol <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA).....	22
Tabel 3.1 Pekerjaan Proyek Pembangunan Linden Tower.....	26
Tabel 4.1 Skala Keparahan (<i>Severity</i>)	36
Table 4.2 Skala Kejadian (<i>Occurance</i>).....	37
Table 4.3 Skala Deteksi (<i>Detection</i>).....	38
Tabel 4.4 <i>Failure Mode Effect and Analysis</i> (<i>Severity</i>).....	39
Tabel 4.5 <i>Failure Mode Effect and Analysis</i> (<i>Occurance</i>).....	45
Tabel 4.6 <i>Failure Mode Effect and Analysis</i> (<i>Detection</i>).....	52
Tabel 4.7 Perhitungan <i>Risk Priority Number</i> (RPN).....	59
Tabel 4.8 Basic Event.....	67
Tabel 4. 9 Simbol <i>Event Gate</i>	70
Tabel 4.10 <i>Methode for Obtain Cut Set</i> (<i>MOCUS</i>)	
Jari tersayat ujung tulangan / tergores ujung	
besi beton yang sudah terpotong	86
Tabel 4.11 <i>Methode Obtain Cut Set</i> (<i>MOCUS</i>)	
Terkena tumpahan adukan beton dari mixer	87
Tabel 4.12 <i>Methode Obtain Cut Set</i> (<i>MOCUS</i>)	
Terpapar debu /asap (CO2) kendaraan,	
asap dump truk terhirup oleh staff pekerja	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Langkah – langkah analisa FTA	24
Gambar 3.1 Peta Lokasi Proyek Apartemen Linden Tower Marvell City Surabaya	25
Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian.....	31
Gambar 4.1 Bagan Top Event	66
Gambar 4. 2 Bagan <i>Fault Tree Analysis</i> Jari tersayat ujung tulangan / tergores ujung besi beton yang sudah terpotong.....	71
Gambar 4. 3 Bagan <i>Intermediate event</i> Jari tersayat ujung tulangan / tergores ujung besi beton yang sudah terpotong.....	72
Gambar 4. 4 Bagan <i>Intermediate event</i> Jari tersayat ujung tulangan / tergores ujung besi beton yang sudah terpotong.....	73
Gambar 4. 5 Bagan <i>Fault Tree Analysis</i> Terkena tumpahan adukan beton dari mixer	74
Gambar 4. 6 Bagan <i>Intermediate event</i> Terkena tumpahan adukan beton dari mixer	75
Gambar 4. 7 Bagan <i>Intermediate event</i> Terkena tumpahan adukan beton dari mixer	76
Gambar 4.8 Bagan <i>Fault Tree Analysis (FTA)</i> Terpapar debu /asap (CO ₂) kendaraan, asap dump truk terhirup oleh staff pekerja.	77
Gambar 4.9 Bagan <i>Fault Tree Analysis (FTA)</i> Terpapar debu /asap (CO ₂) kendaraan, asap dump truk terhirup oleh staff pekerja	78
Gambar 4. 10 Bagan <i>Intermediate Event</i> Terpapar debu /asap (CO ₂) kendaraan, asap dump truk terhirup oleh staff pekerja.	79

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Deskripsi Proyek.....	97
Lampiran 2 Gambar Perencanaan	98
Lampiran 3 Survey Kuesioner	109

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Risiko merupakan sesuatu yang sangat melekat dalam setiap kegiatan. Kegiatan apapun yang kita lakukan pasti memiliki potensi risiko yang terjadi, terutama pada kegiatan konstruksi. Dalam kegiatan konstruksi risiko tidak dapat dipisahkan dan merupakan bagian dari seluruh kegiatan. Faktor ketidakpastian inilah yang menyebabkan timbulnya risiko, sehingga dapat dirasakan oleh pelaksana proyek. Dengan kata lain tujuan dari pengendalian risiko kecelakaan kerja adalah untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja dan diharapkan *zero accident*.

Namun kenyataannya dalam dunia konstruksi yang dilakukan hanya pada identifikasi atau analisa risiko saja. Dimana analisa tersebut bersifat kualitatif dengan menggunakan metode analisa probability impact matrix. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan menggabungkan identifikasi dan analisa risiko, dimana analisa ini bersifat kuantitatif. Penelitian ini menggunakan 2 metode yaitu metode *Process Failure Mode and Effect Analysis* (PFMEA) dan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). FMEA adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (Failure Mode). Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang termasuk dalam kecacatan, kondisi diluar spesifikasi yang ditetapkan, atau perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk (Carlson, 2012). Metode FMEA ini digunakan untuk mengidentifikasi sumber – sumber dan penyebab dari suatu masalah yang terjadi dari tiap proses pekerjaan. Sedangkan FTA adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi risiko yang berperan terhadap terjadinya kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat top down, yang diawali dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari kejadian

puncak (Top Event) kemudian merinci sebab – sebab suatu Top Event sampai pada suatu kegagalan dasar (root cause).

Dalam penelitian tugas akhir ini, menggunakan Proyek Marvell City yang terletak di JL. Ngagel no 123 Surabaya. *Marvell City* adalah icon terbaru kota Surabaya yang menghadirkan superblok berkonsep 10 in 1. Apartment, hotel, office tower, international school, shopping centre, f&b arcade, lifestyle mall, ballroom, fitness centre & spa dalam satu superblok yang mencerminkan lifestyle modern anda. Dengan letak yang sangat strategis yaitu tepat di jantung kota Surabaya, Marvell City menawarkan hunian mewah dengan fasilitas superior, "**The Linden Tower**". The Linden Tower merupakan bangunan tingkat tinggi yang memiliki luas tanah $\pm 2,6$ Ha dan luas bangunan ± 73.780 m². Apartemen Linden Tower ini didirikan dengan 36 lantai + 2 lantai basement dan 380 unit hunian apartemen. Pekerjaan konstruksi bangunan tingkat tinggi tersebut sangat berisiko dalam hal kecelakaan kerja. Penggunaan teknologi tingkat tinggi dan metode pelaksanaan yang tidak akurat serta kurang teliti dapat mengakibatkan kerja. Adapun proses pekerjaannya adalah pekerjaan galian tanah & timbunan, pengadaan sheet pile & pemancangan, pekerjaan pengecoran, pekerjaan bekisting, pekerjaan produksi pembesian, pekerjaan install steel support, pekerjaan penghancuran & pembongkaran, pekerjaan pasangan batu, pekerjaan pasangan bata ringan, pekerjaan plesteran dinding.

Tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah untuk salah satu solusi dalam meninjau tingkat risiko yang terjadi saat pelaksanaan proyek serta dapat menjadi masukan bagi pelaksana proyek untuk menekan dampak yang ditimbulkan oleh risiko yang terjadi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut :

- a. Risiko dominan apa saja yang terjadi pada proyek konstruksi Marvell City - Linden Tower Surabaya menggunakan metode FMEA
- b. Faktor penyebab kecelakaan kerja apa saja yang terjadi pada proyek konstruksi Marvell City - Linden Tower menggunakan metode FTA

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan permasalahan, maka penelitian tugas akhir ini disusun dengan tujuan sebagai berikut :

- a. Mengetahui risiko dominan terjadi pada proyek Marvell City - Linden Tower Surabaya menggunakan metode FMEA
- b. Mengidentifikasi faktor penyebab kecelakaan kerja dari risiko dominan pada proyek Marvell City - Linden Tower Surabaya menggunakan metode FTA

1.4 Batasan Masalah

Tujuan dari lingkup pembahasan ini agar pembahasan dalam permasalahan lebih sistematis dan terarah. Adapun batasan – batasan masalah dalam penelitian Tugas Akhir ini yaitu :

- a. Obyek yang ditinjau adalah pembangunan Proyek Marvell City - Linden Tower Surabaya
- b. Risiko yang diidentifikasi adalah risiko kecelakaan kerja yang berkaitan dengan aktivitas pada proyek Marvell City – Linden Tower Surabaya
- c. Responden adalah pegawai yang terkait dalam proyek Marvell City – Linden Tower Surabaya, khususnya yang berkaitan dengan K3 yaitu *safety officer, safety manager*
- d. Metode yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) yaitu

failure mode and effect dan FTA (*Fault Tree Analysis*) dalam bentuk pohon kegagalan kearah bawah dengan menggunakan metode MOCUS.

1.5 Manfaat

Berdasarkan tujuan penelitian, maka manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Dapat mengidentifikasi risiko yang akan terjadi dan mengelola risiko.
- b. Dapat dimanfaatkan sebagai sumber informasi bagi pihak – pihak yang meneliti mengenai manajemen risiko.
- c. Dapat memudahkan pihak kontraktor K3 dalam mengidentifikasi risiko secara detail
- d. Dapat menjadi referensi bagi penelitian sejenis yang selanjutnya

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar, penelitian ini akan disusun dalam lima bab dengan sistematika sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan

Pada bab ini menguraikan tentang latar belakang masalah yang berisi pokok pikiran dalam penelitian ini. Kemudian dilanjutkan dengan perumusan masalah yang diangkat dari latar belakang tersebut serta dikemukakan tujuan penelitian dan batasan masalah.

Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini menguraikan tentang landasan teori yang digunakan dalam penelitian ini. Berbagai referensi yang mendukung dalam tercapainya tujuan penelitian meliputi pengertian proyek konstruksi, proyek konstruksi gedung, manajemen risiko, manajemen K3, hubungan manajemen risiko

dengan manajemen K3, analisa risiko, identifikasi risiko, FMEA (*Failure Mode Effect and Analysis*) , FTA (*Fault Tree Analysis*).

Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini menguraikan metodologi yang digunakan dalam penyelesaian masalah penelitian dengan menggunakan PFMEA (*Process Failure Mode Effect and Analysis*) berdasarkan skala yang digunakan melalui identifikasi risiko. Kemudian dilanjutkan dengan menggunakan metode FTA (*Fault Tree Analysis*) yaitu mengetahui faktor penyebab dari penilaian risiko.

Bab IV Data dan Analisa

Bab ini menguraikan analisa dan proses mendapatkan risiko yang dominan. Dimulai dari profil proyek, profil responden, identifikasi risiko, mencari risiko yang paling dominan dengan metode FMEA (*Failure Mode Effect and Analysis*), mengidentifikasi faktor penyebab risiko yang dominan dengan metode FTA (*Fault Tree Analysis*) dan kombinasi *basic* dan *event* (MOCUS).

Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang menjawab suatu permasalahan dan tujuan yang diangkat dalam penelitian dengan mengaplikasikan metode FMEA (*Failure Mode Effect and Analysis*) untuk menganalisa dan mengukur potensi risiko kecelakaan kerja pada proyek pembangunan Gedung Apartemen Linden Tower II 36 lantai dan FTA (*Fault Tree Analysis*). Selain itu juga terdapat saran yang menunjang penelitian lebih lanjut mengenai identifikasi dan analisis risiko.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tinjauan pustaka yang akan dibahas adalah tentang proyek konstruksi, proyek konstruksi gedung. Proyek konstruksi merupakan suatu kegiatan yang bertujuan untuk mendirikan suatu bangunan yang membutuhkan sumber daya, baik biaya tenaga kerja, material maupun peralatan. Sedangkan untuk proyek konstruksi gedung merupakan proyek konstruksi yang menghasilkan tempat orang bekerja atau tinggal dan pekerjaannya dilaksanakan pada lokasi yang relative sempit seperti rumah, hotel, kantor dll.

2.1.1 Proyek Konstruksi

Menurut Ervianto (2002) proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek. Dalam rangkaian tersebut, terdapat suatu proses yang mengolah sumber daya proyek menjadi suatu hasil kegiatan yang berupa bangunan. Proses yang terjadi dalam rangkaian tersebut tentunya melibatkan pihak – pihak yang terkait, baik secara langsung maupun secara tidak langsung.

Proyek konstruksi dapat didefinisikan sebagai suatu kegiatan yang bertujuan untuk mendirikan suatu bangunan yang membutuhkan sumber daya, baik biaya, tenaga kerja, material dan peralatan. Proyek konstruksi secara detail dan tidak dilakukan berulang (Gould, 2002, dalam Eka Danniyanti, 2010).

2.1.2 Proyek Konstruksi Gedung

Proyek konstruksi bangunan gedung adalah proyek konstruksi yang menghasilkan tempat orang bekerja atau tinggal dan pekerjaannya dilaksanakan pada lokasi yang relative sempit

dengan kondisi pondasi yang umumnya sudah diketahui. Contohnya rumah, kantor, pabrik, hotel.

Setiap proyek konstruksi memiliki karakteristik tersendiri yang bersifat heterogen, artinya antara jenis proyek yang satu berbeda dengan proyek lainnya baik dari segi perencanaan, spesifikasi dan volume pekerjaan, komponen estimasi biaya protek dan ketidakpastian tingkat risikonya. Pada proyek bangunan gedung memiliki tingkat ketidakpastian, dan variasi yang lebih kecil. Hal ini dikarenakan pada proyek bangunan gedung memiliki spesifikasi dan volume pekerjaan yang rinci dan lengkap.

2.2 Manajemen Risiko

Risiko merupakan kemungkinan kejadian yang merugikan (Kountur, 2006). Secara istilah "risiko" (*risk*) memiliki banyak definisi. Tetapi pengertian secara ilmiah sampai saat ini masih tetap beragam. Menurut kamus Bahasa Indonesia versi online dalam buku Manajemen Risiko Bisnis (Pramana, 2011), risiko adalah akibat yang kurang menyenangkan (merugikan, membahayakan) dari suatu perbuatan atau tindakan. Dengan kata lain, risiko merupakan kemungkinan situasi atau keadaan yang dapat mengancam pencapaian tujuan serta sasaran sebuah organisasi atau individu (Pramana, 2011)

Secara ilmiah risiko didefinisikan sebagai kombinasi fungsi dari frekuensi kejadian, probabilitas dan konsekuensi dari bahaya yang terjadi. Frekuensi risiko dengan tingkat pengulangan yang tinggi akan memperbesar probabilitas atau kemungkinan kejadiannya. Frekuensi kejadian boleh tidak dipakai seperti perumusan diatas, karena itu risiko dapat dituliskan sebagai fungsi dari probabilitas dan konsekuensi saja, dengan asumsi frekuensi telah termasuk dalam probabilitas.

Sedangkan pengertian manajemen adalah suatu proses kegiatan yang terdiri atas perencanaan, pengorganisasian,

pengukuran dan tindak lanjut untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan dengan menggunakan sumber daya yang ada.

Jadi pengertian manajemen risiko adalah suatu upaya penerapan kebijakan peraturan dan upaya – upaya praktis manajemen secara sistematis dalam menganalisa pemakaian dan pengontrolan risiko untuk melindungi pekerja, masyarakat dan lingkungan (Darmawi, 2010)

Proses pengelolaan risiko harus dilakukan secara komprehensif melalui pendekatan manajemen risiko sebagaimana dalam *Risk Management Standard AS/NZ 4360*, yang meliputi :

1. Penentuan Konteks
2. Identifikasi Risiko
3. Analisa Risiko
4. Evaluasi Risiko
5. Bentuk Pengendalian Risiko

Dalam mengembangkan manajemen risiko, penentuan konteks juga diperlukan karena manajemen risiko sangat luas dan bermacam aplikasinya yaitu manajemen risiko Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3).

2.3 Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Keselamatan kerja merupakan segala sarana dan upaya untuk mencegah terjadinya suatu kecelakaan kerja (Silalahi, 1995). Dalam hal ini keselamatan yang dimaksud bertalian erat dengan mesin, alat kerja dalam proses landasan tempat kerja dan lingkungannya serta cara – cara melakukan pekerjaan. Tujuan keselamatan kerja adalah melindungi keselamatan tenaga kerja didalam melaksanakan tugasnya, melindungi keselamatan setiap orang yang berada di lokasi tempat kerja dan melindungi keamanan peralatan serta sumber produksi agar selalu dapat digunakan secara efisien.

Pihak yang berhubungan dalam memperhatikan masalah keselamatan dan kesehatan kerja adalah kontraktor utama dengan sub kontraktor. Kewajiban kontraktor dan rekan kerjanya

adalah mengasuransikan pekerjaanya selama masa pembangunan berlangsung. Pada rentang waktu pelaksanaan pembangunan, kontraktor maupun subkontraktor sudah selayaknya tidak mengizinkan pekerjaanya untuk beraktivitas jika terjadi hal – hal berikut :

1. Tidak mematuhi peraturan keselamatan dan kesehatan kerja
2. Tidak menggunakan peralatan pelindung diri selama berkerja.
3. Mengizinkan pekerja menggunakan peralatan yang tidak aman

Keselamatan kerja diutamakan dalam bekerja untuk menghindari terjadinya kecelakaan. Menurut Sumakmur (1981), kecelakaan dapat diartikan sebagai suatu peristiwa yang tidak diinginkan dan tidak diduga, yang kejadiannya dapat menyebabkan timbulnya bencana atau kerugian. Pengertian dari kecelakaan adalah suatu peristiwa yang dapat merusak suatu rencana yang telah dibuat atau direncanakan sebelumnya.

Penyebab terjadinya kecelakaan kerja dalam proyek konstruksi, salah satunya adalah karakter dari proyek itu sendiri. Faktor yang menyebabkannya yaitu jika ditinjau dari segi kebersihan dan kerapiahannya, lokasi proyek yang berantakan karena padatnya alat, pekerja dan material. Faktor lain dari aspek faktor pekerja konstruksi yang cenderung kurang mengindahkan ketentuan standar keselamatan kerja, pemilihan metoda kerja yang kurang tepat, perubahan tempat kerja dengan karakter yang berbeda sehingga harus menyesuaikan diri, perselisihan yang mungkin timbul diantara para pekerja dengan tim proyek.

2.4 Hubungan Manajemen K3 dengan Manajemen Risiko

Manajemen risiko merupakan elemen sentral dari manajemen K3 (Ramli,2009). Manajemen risiko memberikan warna dan arah terhadap penerapan dan pengembangan sistem manajemen K3. Jika tidak ada bahaya dan risiko yang terjadi,

maka upaya K3 tidak diperlukan dan sebaliknya manajemen K3 diperlukan sebagai antisipasi terhadap adanya bahaya dan risiko.

Oleh karena itu, sebelum mengembangkan program K3, terlebih dahulu harus diketahui apa saja risiko dan potensi bahaya yang terdapat dalam kegiatan organisasi. Selanjutnya dikembangkan program pengendalian risiko yang tepat melalui pendekatan sebagai berikut.

- a. Manusia (*human approach*)
- b. Teknis (*engineering*) seperti sarana, mesin peralatan atau material dan lingkungan kerja.
- c. Sistem dan prosedur, yang berkaitan dengan pengoperasian, cara kerja aman atau sistem manajemen K3.
- d. Proses misalnya proses secara kimia atau fisis.

2.5 Analisis Risiko

Dalam AS/NZS 4360:2004, analisa risiko adalah suatu kegiatan sistematis dengan menggunakan informasi yang ada untuk mendeteksi seberapa besar konsekuensi (*Severity*) dengan tingkat keseringan (*Occurance*) suatu kejadian yang timbul. Tujuan dilakukan analisis risiko adalah untuk memisahkan antara risiko kecil (*minor risk*) dengan risiko besar (*major risk*) yang kemudian dapat digunakan sebagai evaluasi dan pertimbangan perlakuan pengendalian (*detection*). Tujuan dari analisis risiko adalah untuk membedakan risiko minor yang dapat diterima atau risiko mayor yang membutuhkan tindakan pengendalian.

Analisis risiko dapat dilakukan untuk berbagai tingkat rincian tergantung pada risiko, tujuan analisis, informasi, data dan sumber daya yang tersedia. Analisis risiko dapat berbentuk kualitatif, semi kuantitatif, kuantitatif ataupun kombinasi diantara ketiganya tergantung pada keadaan. Urutan kompleksitas dan biaya analisis mulai dari rendah hingga tinggi yakni kualitatif, semi kuantitatif dan kuantitatif (ISO: 31000).

Tahapan ini menggunakan analisa risiko secara semi kuantitatif yang merupakan gambaran risiko yang lebih detail

dalam prioritas risiko dibandingkan dengan analisis secara kualitatif. Analisis ini memungkinkan untuk melibatkan perkalian dari tingkat frekuensi dengan besaran numerik dari konsekuensi sehingga memungkinkan untuk melakukan beberapa kombinasi. (Commonwealth of Australia, 2004)

2.5.1 Identifikasi Risiko

Pengidentifikasian risiko (Darmawi, 2010) merupakan proses penganalisaan untuk menemukan secara sistematis dan secara kesinambungan risiko (kerugian yang potensial) yang menantang perusahaan. Berdasarkan fungsinya identifikasi risiko meliputi tahap perencanaan, penilaian (identifikasi dan analisa), penanganan, serta pengawasan risiko. Penilaian risiko merupakan tahapan awal dalam program manajemen risiko serta merupakan tahapan paling penting karena mempengaruhi keseluruhan program dalam manajemen risiko. Identifikasi risiko berfungsi untuk mendapatkan area – area dan proses – proses teknis yang memiliki risiko yang potensial untuk selanjutnya dianalisa.

Berdasarkan ISO : 31000 *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) merupakan metode identifikasi risiko dengan menganalisis berbagai pertimbangan kesalahan dari peralatan yang digunakan dan mengevaluasi dampak dari kesalahan tersebut. Dalam hal ini, FMEA mengidentifikasi kemungkinan abnormal atau penyimpangan yang dapat terjadi pada komponen atau peralatan yang terlibat dalam proses produksi serta konsekuensi yang ditimbulkan.

Fault Tree Analysis (FTA) merupakan suatu teknik yang dapat digunakan untuk memprediksi atau sebagai alat investigasi setelah terjadinya kecelakaan dengan melakukan analisis proses kejadian. FTA nantinya akan menghasilkan penilaian kuantitatif dari probabilitas kejadian yang tidak diinginkan. FTA merupakan metode yang paling efektif dalam menemukan inti permasalahan karena dapat menentukan bahwa kerugian yang ditimbulkan tidak berasal dari satu kegagalan. FTA merupakan kerangka berpikir

terbalik di mana evaluasi berawal dari insiden kemudian dikaji penyebabnya.

2.5.2 Penilaian Risiko

Dalam Di Istiningrum, A. Ari (2011), NSH Health Scotland (2010) Penilaian risiko merupakan metode sistematis dalam melihat aktivitas kerja, memikirkan apa yang dapat menjadi buruk, dan memutuskan kendali yang cocok untuk mencegah terjadinya kerugian, kerusakan, atau cedera di tempat kerja. Penilaian ini harus juga melibatkan pengendalian yang diperlukan untuk menghilangkan, mengurangi, atau meminimalkan risiko.

Tujuan penilaian risiko untuk mengidentifikasi bahaya sehingga tindakan dapat diambil untuk menghilangkan mengurangi, atau mengendalikannya sebelum terjadi kecelakaan yang dapat menyebabkan cedera atau kerusakan. Untuk melakukan sasaran tersebut dapat dilakukan pendekatan yang logis dan sistematis. Langkah – langkah tersebut adalah :

- a. Mendefinisikan tugas atau proses yang akan dinilai
- b. Mengidentifikasi bahaya
- c. Menghilangkan atau mengurangi bahaya hingga minimum
- d. Mengevaluasi risiko dari bahaya residual
- e. Mengembangkan strategi – strategi pencegahan
- f. Menjalankan pelatihan metode – metode kerja yang baru
- g. Mengimplementasikan upaya – upaya pencegahan
- h. Memonitor kinerja
- i. Melakukan kajian ulang secara berkala dan membuat revisi jika perlu.

Jika masih ada sejumlah bahaya residual, kita perlu menentukan prioritas untuk mengatasinya. Hal ini dapat diselesaikan baik secara subyektif berdasarkan pengetahuan penilai tentang proses tersebut atau melalui penentuan nilai numeric untuk setiap bahaya residual. Oleh karenanya, kita

mengembangkan pemeringkat risiko dengan mencermati sejumlah faktor.

2.5.3 Metode dalam Analisa Risiko

1. Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Mode kegagalan (*Failure Mode*) adalah suatu cara di mana item atau operasi berpotensi gagal untuk memenuhi atau memberikan fungsi yang dimaksudkan dan persyaratan terkait. tergantung pada definisi kegagalan yang ditetapkan oleh tim analisis, mode kegagalan mungkin termasuk kegagalan untuk melakukan fungsi dalam batas yang ditentukan, kinerja yang tidak memadai atau miskin fungsi, kinerja intermiten fungsi, dan / atau melakukan fungsi yang tidak diinginkan atau tidak diinginkan (Carlson, 2012).

Istilah "mode kegagalan" menggabungkan dua kata yang keduanya memiliki makna yang unik. yang ringkas oxford kamus bahasa Inggris mendefinisikan kata "gagal" sebagai tindakan berhenti berfungsi atau keadaan tidak berfungsi. "mode" didefinisikan sebagai "sebuah cara di mana sesuatu terjadi". menggabungkan dua kata ini menekankan bahwa modus kegagalan adalah apa yang hadir itu sendiri, yaitu cara di mana item tidak memenuhi fungsi dimaksudkan atau persyaratan.

Efek (*effect*) adalah konsekuensi dari kegagalan pada sistem atau pengguna akhir. tergantung pada aturan-aturan dasar untuk analisis, tim dapat menentukan gambaran tunggal efek pada sistem tingkat atas dan / atau pengguna akhir, atau tiga tingkat efek :

- a. Efek lokal adalah konsekuensi dari kegagalan pada item atau item yang berdekatan.
- b. Efek tingkat yang lebih tinggi adalah konsekuensi dari kegagalan pada sistem tingkat atas dan / atau pengguna akhir
- c. Efek akhir adalah konsekuensi dari kegagalan pada sistem tingkat atas dan / atau pengguna akhir

Untuk meningkatkan proses FMEA, tim harus mempertimbangkan efek dari kegagalan di manufaktur atau perakitan tingkat, serta sistem atau pengguna akhir. bisa ada lebih dari satu efek untuk setiap mode kegagalan. Namun di sebagian besar aplikasi tim FMEA akan menggunakan paling serius dari akhir tentang aplikasi efek dalam prosedur FMEA.

Menurut Carlson (2012) FMEA adalah metode yang dirancang untuk:

- mengidentifikasi dan memahami mode potensi kegagalan dan penyebabnya, dan efek kegagalan pada sistem atau pengguna akhir, untuk proses produk tertentu
- menilai risiko yang berkaitan dengan mode yang diidentifikasi kegagalan, efek, dan penyebab, dan memprioritaskan isu-isu untuk tindakan korektif
- mengidentifikasi dan melaksanakan tindakan korektif untuk mengatasi masalah yang paling serius

Failure mode and effect analysis (FMEA) adalah salah satu metode analisa failure / potensi kegagalan yang diterapkan dalam pengembangan produk, sistem engineering dan manajemen operasional (wikipedia).

Tujuan utama dari FMEA

- mengidentifikasi dan mencegah bahaya keamanan
- meminimalkan hilangnya kinerja produk atau penurunan kinerja
- meningkatkan tes dan verifikasi rencana (dalam hal sistem atau desain FMEA)
- meningkatkan rencana pengendalian proses (dalam kasus FMEA proses)

FMEA dilakukan untuk menganalisa potensi kesalahan atau kegagalan dalam sistem atau proses dan potensi yang teridentifikasi akan diklasifikasikan menurut besarnya potensi kegagalan dan efeknya terhadap proses (Susilo, 2010). metode ini membantu tim proyek untuk mengidentifikasi potensial *failure mode* yang berbasis kepada kejadian dan pengalaman yang telah

lalu yang berkaitan dengan produk atau proses serupa. FMEA mampu merancang proses dan meminimalisir kesalahan serta kegagalan.

Tiga jenis yang paling umum dari FMEA adalah:

1. Sistem FMEA. ini adalah analisis tingkat tertinggi dari keseluruhan sistem, yang terdiri dari berbagai subsistem. fokusnya adalah pada sistem terkait kekurangan, termasuk sistem keamanan, integrasi sistem, interface atau interaksi antara subsistem atau dengan sistem lain

2. Desain FMEA. ini berfokus pada desain produk, biasanya pada subsistem atau komponen tingkat. fokusnya adalah pada kekurangan desain terkait, dengan penekanan pada peningkatan desain dan memastikan operasi produk aman dan dapat diandalkan selama masa manfaat peralatan.

3. Proses FMEA. ini berfokus pada proses manufaktur atau perakitan, menekankan bagaimana proses manufaktur dapat ditingkatkan untuk memastikan bahwa produk dibangun untuk merancang persyaratan dengan cara yang aman, dengan downtime minimal, dan ulang.

Dalam Tugas Akhir ini menggunakan PFMEA (*Process Failure Mode and Effect Analysis*). Menurut Gasperz (2002) PFMEA adalah pendekatan terstruktur yang memberikan tingkat risiko kualitas setiap langkah dalam proses (manufaktur atau transaksional). Proses menganalisa risiko menggunakan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Langkah – langkah yang diperlukan dalam melakukan Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) yaitu :

1. Peninjauan proses item pekerjaan yang memiliki kemungkinan risiko
2. Mengidentifikasi fungsi dari item pekerjaan tersebut
3. Membuat daftar modus kegagalan yang memiliki risiko dari tiap item pekerjaan
4. Membuat potensi dampak kegagalan yang memiliki risiko dari tiap item pekerjaan

5. Menilai tingkat keparahan (*Severity*) dari dampak kegagalan metode *Severity index*
6. Membuat daftar potensi penyebab dari suatu kegagalan di tiap item pekerjaan
7. Menilai tingkat kejadian (*Occurance*) dari potensi penyebab suatu kegagalan di tiap item pekerjaan metode *Severity index*
8. Membuat daftar kontrol desain yaitu bentuk pencegahan dalam potensi penyebab kegagalan
9. Menilai tingkat skala deteksi (*detection*) berdasarkan daftar kontrol desain di tiap item pekerjaan dengan metode *Severity index*
10. Hitung tingkat prioritas (RPN) dari masing – masing keparahan, kejadian dan deteksi
11. Urutkan prioritas kesalahan yang memerlukan penanganan lanjut
12. Lakukan tindak mitigasi terhadap kesalahan tersebut

Untuk mengetahui tingkat besaran atau keparahan, kejadian terjadinya risiko dan deteksi terhadap kelangsungan proyek yang terjadi. Data yang didapat dari survey kuesioner dan survey wawancara dianalisis untuk mendapatkan hasil yang mewakili dari beberapa responden. Langkah awal adalah melakukan analisa dengan menggunakan *Severity index* lalu mengkategorikannya berdasarkan besar keparahan, kejadian dan deteksi.

Dalam menghitung *Severity index* digunakan persamaan :

$$SI = \frac{\sum_{i=0}^4 a_i . x_i}{4 \sum_{i=0}^4 x_i} \times 100\%$$

Dimana :

a = konstanta penilaian (0 s/d 4)

x_i = probabilitas responden
 I = 0,1,2,3,4, ...n

X_0, X_1, X_2, X_3, X_4 adalah respon probabilitas responden

$A_0 = 0, a_1 = 1, a_2 = 2, a_3 = 3, a_4 = 4$

X_0 = probabilitas responden sangat rendah / Sangat kecil dari survey, maka $a_0 = 0$

X_1 = probabilitas responden rendah / kecil dari survey, maka $a_0 = 1$

X_2 = probabilitas responden cukup tinggi / besar dari survey, maka $a_0 = 2$

X_3 = probabilitas responden tinggi / besardari survey, maka $a_0 = 3$

X_4 = probabilitas responden sangat tinggi / sangat besar dari survey, maka $a_0 = 4$

Klasifikasi dari skala penilaian pada keparahan, kejadian dan deteksi adalah sebagai berikut :

Sangat Rendah / Sangat Kecil (SR/SK) = $0.00 \leq SI \leq 12.5$

Rendah / Kecil (R/K) = $12.5 \leq SI \leq 37.5$

Cukup / Sedang (C) = $37.5 \leq SI \leq 62.5$

Tinggi / Besar (T/B) = $62.5 \leq SI \leq 87.5$

Sangat Tinggi / Sangat Besar (ST/SB) = $87.5 \leq SI \leq 100$

Keparahan (*Severity*) adalah peringkat yang terkait dengan efek yang paling serius untuk modus kegagalan yang diberikan berdasarkan kriteria dari skala keparahan. itu adalah peringkat relatif dalam lingkup FMEA spesifik dan bertekad tanpa memperhatikan kemungkinan terjadinya atau deteksi.

Tabel 2.1 Skala Keparahana (*Severity*) untuk FMEA

Rating	Kriteria
1	<i>Negligible Severity</i> (pengaruh buruh yang dapat diabaikan)
2 3	<i>Mild Severity</i> (pengaruh buruk yang ringan)

Rating	Kriteria
4 5 6	<i>Moderate Severity</i> (pengaruh buruk yang moderate)
7 8	<i>High Severity</i> (pengaruh buruk yang tinggi)
9 10	<i>Potential Severity</i> (pengaruh buruk yang sangat tinggi)

Sumber : Gasperz 2002

Kejadian (*occurrence*) adalah peringkat yang terkait dengan kemungkinan bahwa modus kegagalan dan penyebabnya terkait akan hadir dalam item yang dianalisis. untuk sistem dan desain FMEA, peringkat terjadinya menganggap kemungkinan kejadian selama umur desain produk. untuk proses FMEA peringkat terjadinya menganggap kemungkinan terjadinya selama produksi. didasarkan pada kriteria dari skala kejadian yang sesuai. peringkat kejadian memiliki makna relatif daripada nilai absolut ditentukan tanpa memperhatikan tingkat keparahan atau kemungkinan deteksi.

Tabel 2.2 Skala Kejadian (*occurrence*) untuk FMEA

Degree	Berdasarkan frekuensi kejadian	Rating
Remote	0,01 per 1000 item	1
Low	0,1 per 1000 item	2
	0,5 per 1000 item	3
Moderate	1 per 1000 item	4
	2 per 1000 item	5
	5 per 1000 item	6
High	10 per 1000 item	7
	20 per 1000 item	8
Very High	50 per 1000 item	9
	100 per 1000 item	10

Sumber : Gasperz, 2002

Deteksi (*Detection*) adalah peringkat yang berhubungan dengan kontrol yang terbaik dari daftar kontrol jenis deteksi berdasarkan kriteria dari skala deteksi. Peringkat deteksi menganggap kemungkinan deteksi modus kegagalan / penyebab, sesuai dengan kriteria yang ditetapkan. deteksi peringkat relatif dalam lingkup FMEA spesifik dan ditentukan tanpa memperhatikan tingkat keparahan atau kemungkinan terjadinya.

Tabel 2.3 Skala Deteksi (*Detection*)

Rating	Kriteria	Berdasarkan frekuensi kejadian
1	Metode pencegahan sangat efektif. Tidak ada kesempatan penyebab mungkin muncul	0,01 per 1000 item
2	Kemungkinan penyebab terjadi sangat rendah	0,1 per 1000 item
3		0,5 per 1000 item
4	Kemungkinan penyebab terjadi bersifat moderat. Metode pencegahan kadang memungkinkan penyebab itu terjadi.	1 per 1000 item
5		2 per 1000 item
6		5 per 1000 item
7	Kemungkinan penyebab terjadi masih tinggi. Metode pencegahan kurang efektif.	10 per 1000 item
8		20 per 1000 item
9	Kemungkinan penyebab terjadi masih sangat tinggi. Metode pencegahan tidak efektif. Penyebab masih berulang kembali.	50 per 1000 item
10		100 per 1000 item

Sumber : Gasperz, 2002

Risk Priority Number (RPN) adalah peringkat numerik dari risiko masing-masing potensi modus kegagalan / penyebab, terdiri dari produk hitung dari tiga elemen : keparahan efek, kemungkinan terjadinya penyebabnya, dan kemungkinan deteksi penyebabnya.

$$\text{RPN} = \text{Occurrence} \times \text{Severity} \times \text{Detection}$$

2. Metode *Fault Tree Analysis* (FTA)



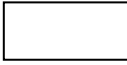
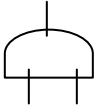


Metode *Fault Tree Analysis* adalah salah satu metode analisa risiko kuantitatif dengan model grafik dan logika yang menampilkan kombinasi kejadian yang memungkinkan yaitu rusak atau baik, yang terjadi dalam sistem, aplikasinya dapat mencakup suatu sistem, equipment dan sebagainya. Analisa *fault tree* ini mempunyai nilai penting dalam penyelesaian (Megasari : 2005) :

- Menganalisa kegagalan sistem secara deduktif
 - Mencari aspek – aspek dari sistem yang terlibat dalam kegagalan utama
 - Membantu pihak manajemen mengetahui perubahan dalam sistem
 - Membantu mengalokasikan penganalisa untuk berkonsentrasi pada suatu bagian kegagalan dalam sistem.
- Tujuan penggunaan FTA adalah
- Untuk mengidentifikasi kombinasi dari *equipment failure* dan *human error* yang dapat menyebabkan terjadinya suatu kejadian yang tidak dikehendaki (*specific accidents*).
 - Untuk memprediksi kombinasi kejadian yang tidak dikehendaki, sehingga dapat dilakukan koreksi untuk meningkatkan *product safety*, memperkecil *plant failure* dan *plant injuries*.

Kelebihan penggunaan FTA adalah :

- a. Sebagai metode kualitatif yaitu kemampuannya untuk mengidentifikasi kombinasi kejadian yang dapat menyebabkan terjadinya suatu kecelakaan.
- b. FTA sering digunakan untuk menganalisa lebih rinci terhadap hasil – hasil evaluasi

Tabel 2.4 Simbol *Fault Tree Analysis* (FTA)

EVENT SYMBOLS	KETERANGAN
 Basic Event	Menggambarkan suatu " <i>basic initiating fault</i> " yang tidak memerlukan pengembangan atau uraian lebih lanjut.
EVENT SYMBOLS	KETERANGAN
 Conditioning Event	Kondisi spesifik yang atau batasan, yang biasanya dipakai disebelah " <i>PRIORITY AND</i> " dan " <i>INHIBIT GATES</i> "
 Intermediate Event	Suatu fault event yang dihasilkan dari interaksi kejadian kegagalan lainnya yang disusun menggunakan " <i>logic gate</i> "
 And Gate	Menunjukkan bahwa output event akan terjadi jika seluruh input events ada / terjadi (exist)
GATE SYMBOLS	KETERANGAN
 Or Gate	Menunjukkan bahwa output event akan terjadi jika salah satu input events ada / terjadi (exists)
TRANSFER SYMBOLS	KETERANGAN
 Transfer Symbols	Menunjukkan bahwa fault tree berhubungan lebih lanjut dengan fault tree di lembaran / halaman lain.

Sumber: Modarres, dkk (2000)

Events and Gate

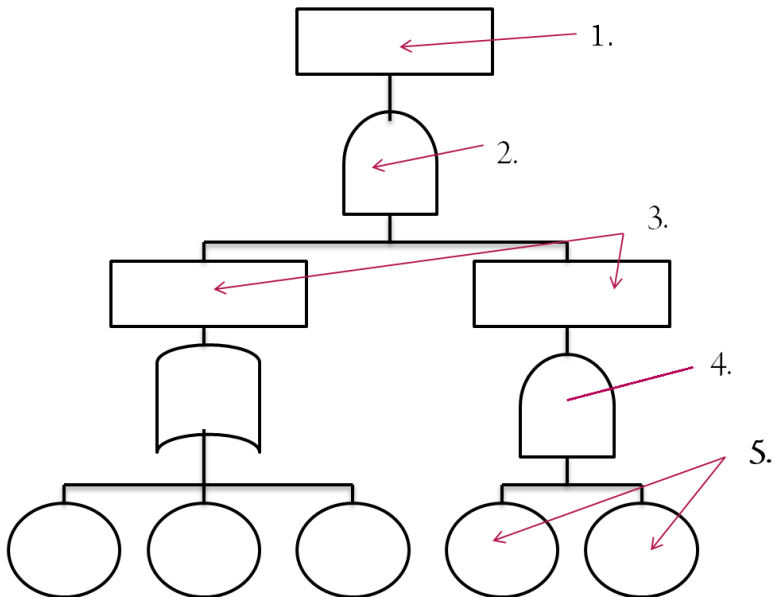
Events and Gate adalah simbol utamanya mewakili logika analisis. mereka tidak selalu berkorelasi dengan bagian komponen dari sistem yang dianalisis (Carlson, 2012).

Event adalah representasi grafis dan matematis dari kegagalan atau kejadian yang tidak diinginkan lainnya. ada banyak jenis acara yang digunakan dalam FTA, yang menjadi acara puncak tingkat yang paling umum, acara menengah, dan basic event. kurang umum tetapi berguna peristiwa termasuk acara berkembang, penyejuk acara, dan peristiwa eksternal.

Gate merupakan simbol logika yang menghubungkan peristiwa dan kondisi iuran dalam diagram pohon kegagalan. *gate* yang paling umum adalah *AND gate*, di mana kegagalan keluaran terjadi jika semua kesalahan masukan terjadi, dan *OR gate*, di mana kegagalan keluaran terjadi jika setidaknya salah satu kegagalan masukan terjadi. pohon kegagalan juga dapat secara logis menghubungkan acara dengan gerbang lain, seperti suara *OR gate*, di mana acara keluaran terjadi jika sejumlah peristiwa masukan terjadi, dan urutan-enforcinggate, di mana acara keluaran terjadi jika semua peristiwa terjadi dalam urutan tertentu, dan sebagainya

Penjelasan langkah pengerjaan dalam melakukan analisa pohon kegagalan seperti pada **gambar 2.1** dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi puncak dari Kegagalan (*Top Event*)
2. Mengidentifikasi contributor tingkat pertama berdasarkan symbol gate
3. Hubungan contributor untuk logic gate kejadian puncak (*Intermediate Event*). Dalam konteks kegagalan ini adalah factor yang menyebabkan kegagalan terjadi
4. Mengidentifikasi contributor tingkat kedua
5. Hubungan contributor tingkat kedua untuk *logic gate* kejadian puncak (*Basic Event*)



Gambar 2.1 Langkah – Langkah analisa FTA (Simmons, 2010)

Secara umum prosedur dan pendekatan menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA) sebagai alat untuk menganalisa dan mengevaluasi jalur kesalahan dapat disederhanakan sebagai berikut :

1. Identifikasi sumber bahaya yang dapat mengakibatkan kecelakaan
2. Identifikasi awal muasal peristiwa yang dapat mengakibatkan terjadinya bahaya kecelakaan
3. Tetapkan urutan kejadian yang mungkin terjadi sebelum terjadinya kejadian awal menggunakan analisa peristiwa kejadian (event trees)
4. Kuantifikasi setiap rentetan kejadian
5. Tentukan risiko secara keseluruhan

BAB III

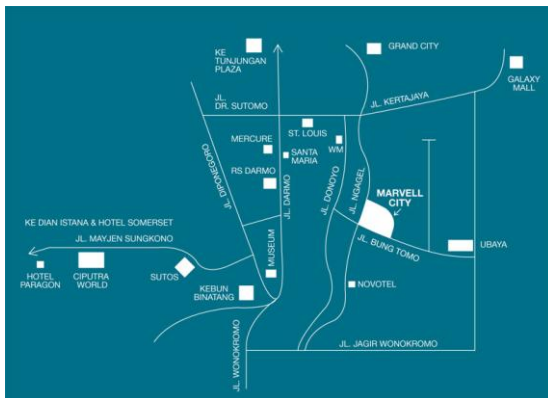
METODOLOGI

3.1 Konsep Penelitian

Penelitian ini adalah studi kasus untuk mengidentifikasi dan menganalisa risiko kecelakaan kerja pada proyek konstruksi gedung Linden Tower di Surabaya. Penelitian yang dilakukan adalah mengidentifikasi dan menganalisa risiko kecelakaan kerja yang paling dominan untuk terjadi.

Metode penelitian ini adalah metode FMEA dan FTA yang dapat diuraikan :

1. Mengetahui proses pekerjaan pembangunan Gedung Linden Tower
2. Mengidentifikasi risiko kecelakaan kerja di setiap proses pekerjaan dengan menggunakan FMEA. Tahap ini dilakukan secara survey, kuesioner
3. Mengidentifikasi sumber penyebab menggunakan FTA dengan cara kuesioner



Gambar 3.1 Peta Lokasi Proyek Apartemen Linden
Tower Marvell City Surabaya

Tabel 3.1 Pekerjaan Proyek Pembangunan Linden Tower

No	Uraian Pekerjaan
1	Pek. Galian Tanah & Timbunan
2	Pek. Pengadaan Sheet Pile (SP) & Pemancangan (Pilling Driving)
3	Pek. Pengecoran (in situ concrete)
4	Pek. Bekisting / media cetak (Form work)
5	Pek. Produksi Pembesian (Rebar Fabrication)
6	Pek. Install steel support
7	Pek. Penghancuran, pembongkaran (demolition)
8	Pek. Pasangan Batu
9	Pek. Pasangan Bata Ringan
10	Pek. Plesteran Dinding

Sumber: Safety Officer PT Adhi Karya

3.2 Rancangan Penelitian

Rancangan Penelitian diartikan sebagai suatu proses analisis dan pengumpulan data penelitian. Pembuatan rancangan penelitian sendiri bertujuan agar penelitian bisa dijalankan dengan lancar. Dalam penelitian Tugas Akhir ini yang termasuk rancangan penelitian adalah variable penelitian, populasi dan sampel penelitian.

3.2.1 Variabel Penelitian

Dari pengkajian studi literature didapatkan variabel – variable risiko kecelakaan kerja yang biasanya terjadi dalam proyek konstruksi gedung bertingkat yang nantinya akan dijadikan sebagai identifikasi awal pada kuesioner survey pendahuluan yang akan disebar.

3.2.2 Populasi dan Sampel Penelitian

1. Populasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan terhadap perusahaan kontraktor yang sedang menjalankan proyek pembangunan

apartemen Linden Tower di Surabaya yaitu PT. Adhi Karya.

2. Sample Penelitian

Sample yang dipakai untuk penelitian ini adalah proyek Apartemen Linden Tower

3. Responden

Dalam Penelitian ini responden yang dituju adalah :

- a. Project Manager
- b. Staff Teknik
- c. Unit K3

3.3 Data dan Teknik Pengumpulan Data

Adapun beberapa data dan teknik untuk melakukan pengumpulan data adalah sebagai berikut :

3.3.1 Jenis Data

Ada beberapa jenis data yang digunakan dalam studi kasus ini yaitu data primer dan data sekunder. Data primer didapat dari studi lapangan langsung yang berupa survey dan wawancara. Sedangkan untuk data sekunder berupa data yang telah diperoleh dari pihak kontraktor

1. Data Primer

Jenis data primer yang digunakan dalam penelitian ini berupa potensi bahaya berkaitan risiko teknis melalui hasil wawancara dan penyebaran kuesioner dengan beberapa staf di proyek tersebut yang sudah dipilih sebagai responden yang terkait dengan risiko kecelakaan kerja. Wawancara atau diskusi tersebut dilakukan untuk mendapatkan hasil yang mengenai risiko kecelakaan kerja yang mungkin saja terjadi pada proyek – proyek yang ditinjau.

2. Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan adalah data identifikasi risiko dan gambar perencanaan, sistem manajemen dan

keselamatan kerja pada proyek Linden Tower yang diperoleh dari kontraktor PT Adhi Karya.

3.3.2 Survey Kuesioner

Survey ini dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi, mengetahui besaran dampak, frekuensi dan mengetahui metode penanganan risiko kecelakaan kerja pada pelaksanaan proyek Apartemen Linden Tower.

3.3.3 Teknik Pengumpulan Data

Data yang didapatkan untuk penelitian ini hanya berasal dari proyek – proyek yang ditinjau yaitu proyek konstruksi Gedung Apartemen Linden Tower di Surabaya. Data ini didapatkan dengan cara wawancara langsung dan pengamatan lapangan dengan pihak kontraktor khususnya bidang manajemen kesehatan dan keselamatan kerja (K3) dan penyebaran kuesioner yang berisi tentang penyebab terjadinya kecelakaan dan penentuan hubungan antara peristiwa yang dominan dengan faktor penyebabnya.

3.3.4 Langkah Penelitian

Langkah – langkah penelitian dari Tugas Akhir ini adalah

1. Identifikasi Risiko

Langkah ini dilakukan melalui studi literature, observasi dan wawancara yang menyebarkan kuesioner survey pendahuluan pada responden menjawab relevan pada suatu risiko kecelakaan kerja, maka risiko tersebut nantinya akan masuk kedalam form kuesioner pada tahap selanjutnya.

2. Analisa Risiko

Analisa risiko ini menggunakan cara memperkirakan terjadinya suatu risiko dan dampak dari risiko tersebut. Salah satu caranya dengan penyebaran kuesioner. Tahap

kedua (kuesioner frekuensi dan dampak) kepada responden yang telah dipilih sebelumnya.

Langkah ini dilakukan melalui :

- a. Penyebaran kuesioner utama dari hasil identifikasi risiko
- b. Wawancara
- c. Penilaian tingkat risiko terhadap frekuensi risiko yang terjadi dan dampak yang ditimbulkan dari risiko tersebut dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*.
- d. Penggambaran hasil dari faktor penyebab risiko yang paling dominan terjadi berdasarkan metode *Fault Tree Analysis (FTA)*.

3. Respon Risiko

Langkah ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana respon yang dilakukan pada suatu risiko yang dominan dilakukan wawancara respon risiko pada responden yang telah terpilih sebelumnya.

3.4 Analisis Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini sudah cukup, sehingga dilakukan pengolahan data berdasarkan masalah yang dibahas yaitu menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dan *Fault Tree Analysis (FTA)*. Hubungan keterkaitan antara FMEA dan FTA terdapat pada analisi yang telah dibuat berdasarkan pohon kesalahan pada FTA dimasukkan kedalam tabel FMEA yang berupa penyebab kegagalan risiko. Berikut tahapan dalam melakukan analisa data :

1. Identifikasi Proses Risiko

Merupakan langkah awal, menggambarkan kegiatan proyek yang berlangsung mulai dari pekerjaan yang akan dikerjakan sehingga dapat dilakukan analisa risiko kecelakaan kerja.

2. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

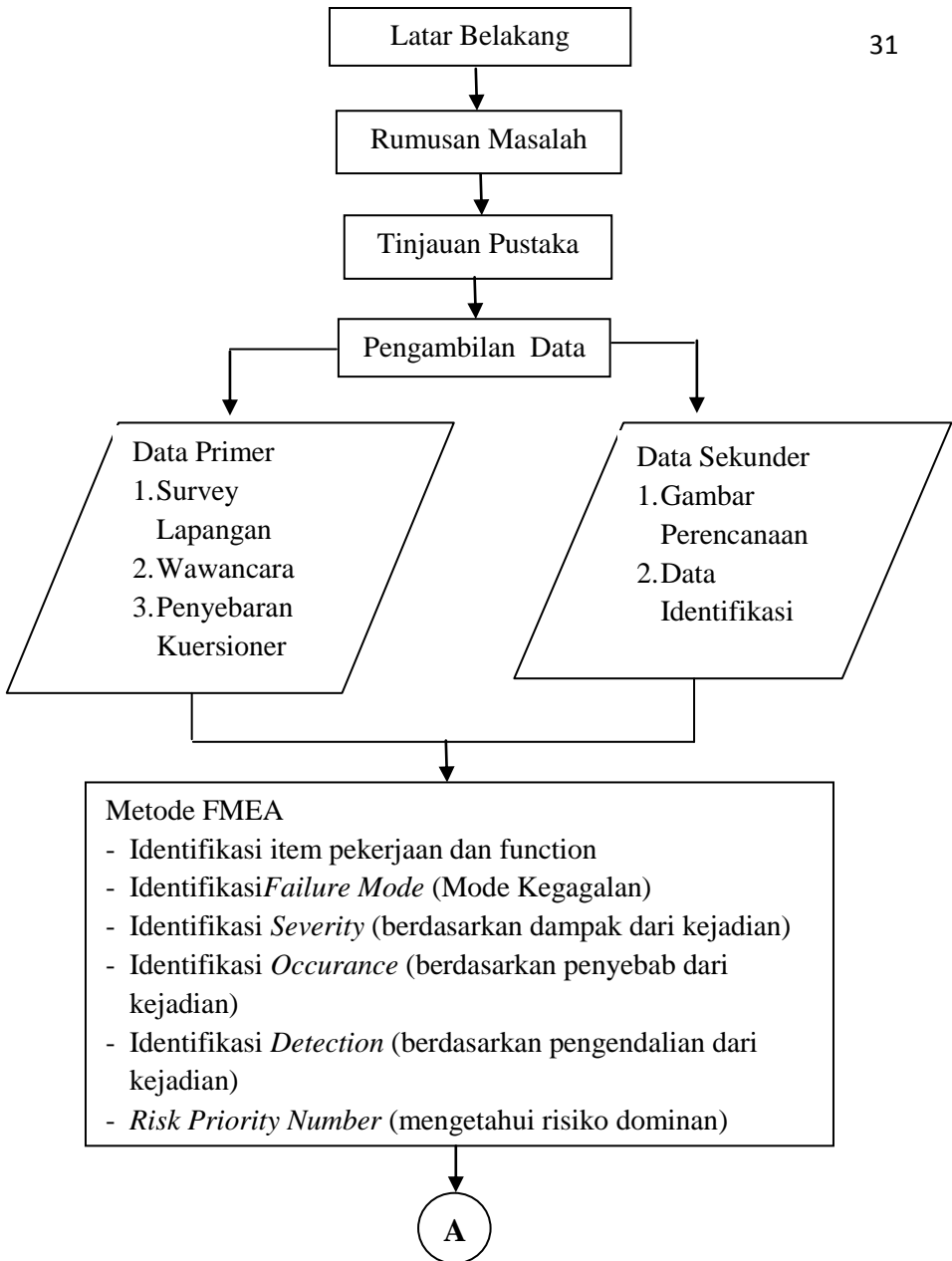
Pada tahap ini dilakukan pengukuran terhadap semua proses kegiatan proyek konstruksi berlangsung. Tahapan pengerjaan yang dilakukan antara lain :

- a. Mengidentifikasi fungsi pada kegiatan konstruksi
- b. Mengidentifikasi proses failure mode
- c. Mengidentifikasi potensi efek kegagalan risiko
- d. Mengidentifikasi penyebab – penyebab kegagalan risiko
- e. Menentukan rating terhadap risiko yang terjadi
- f. Usulan perbaikan

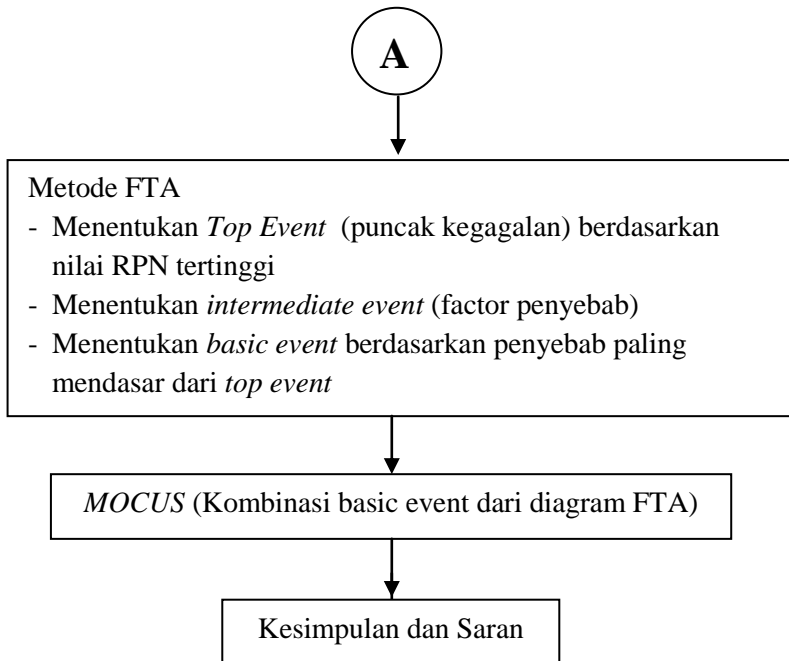
3. *Fault Tree Analysis (FTA)*

Langkah – langkah yang dilakukan untuk pembuatan FTA :

- a. Mengidentifikasi potensi mode kegagalan (potential failure mode) berdasarkan sumber penyebab potensi risiko (failure top event) dari risiko yang berdasarkan nilai RPN tertinggi pada perhitungan FMEA.
- b. Hasil identifikasi sumber penyebab terjadinya mode kegagalan dianalisis menggunakan diagram pohon kegagalan.
- c. Hasil dari penggambaran pohon kegagalan berdasarkan beberapa sumber penyebab yang teridentifikasi dapat disusun cut set dan minimal cut set menggunakan Mocus yang berfungsi mengidentifikasi efek gabungan dari sumber risiko yang menyebabkan terjadinya risiko puncak.



Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian.



Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian (Lanjutan).

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penelitian

Analisa dan Pembahasan yang akan dibahas dalam bab 4 ini mengenai tentang profil perusahaan kontraktor, profil proyek, profil responden. Profil perusahaan kontraktor yang menangani proyek Marvell City. Sedangkan untuk profil proyek yang dianalisa adalah proyek Apartemen Linden Tower II, Marvell City. Profil responden dalam penelitian ini adalah project manager, safety officer, staff teknik dan staff lapangan.

4.1.1 Profil Perusahaan Kontraktor

Perusahaan kontraktor yang menangani proyek pembangunan Marvell City Apartemen Linden Tower Surabaya adalah PT. Adhi Karya yang merupakan salah satu perusahaan perseroan yang bergerak dibidang konstruksi terkemuka di Asia Tenggara. Perusahaan ini memiliki visi yaitu menggambarkan motivasi Perseroan untuk bergerak ke bisnis lain yang terkait dengan inti bisnis perseroan melalui sebuah tagline yang menjadi penguat yaitu *"Beyond Constructon"*. Perusahaan yang memiliki misi yaitu memberikan yang terbaik kepada masyarakat luas.

Perusahaan Adhi Karya adalah perusahaan yang mampu menunjukkan kemampuannya dibidang konstruksi kepada perusahaan terkemuka di Asia Tenggara melalui daya saing dan pengalaman yang dibuktikan pada keberhasilan proyek konstruksi yang sudah dijalankan. Keberhasilan usaha yang sudah diraih Adhi Karya bukan berarti tanpa dukungan dan peran serta masyarakat, untuk itu Adhi Karya berperan aktif dalam mengembangkan program perseroan.

4.1.2 Profil Proyek

Apartemen Linden Tower Surabaya merupakan bagian dari proyek Marvell City yang dibawah pimpinan PT Assa Land.

Proyek Marvell City merupakan perusahaan patungan antara PT Adhi Karya (Persero), PT Waringin, PT Ciriayasa Cipta Mandiri, PT Total Citra Indonesia, PT Meco Systech Internusa. The Linden Tower merupakan bangunan tingkat tinggi yang memiliki luas tanah $\pm 2,6$ Ha dan luas bangunan ± 73.780 m². Apartemen tersebut didirikan dengan 36 lantai + 2 lantai basement serta 380 unit hunian. Lokasi proyek apartemen Linden Tower ini sangat strategis, karena terletak di jantung kota Surabaya tepatnya di Jl. Ngagel no 123 Surabaya. Proyek yang dibangun awal tahun 2012 ini ditargetkan selesai pada tahun 2017.

Tujuannya pembangunan apartemen Linden Tower ini adalah karena banyaknya kebutuhan para konsumen akan tempat tinggal namun lahan yang ada tidak cukup sehingga PT Assa Land membangun proyek apartemen Linden Tower yang merupakan bagian dari superblock proyek Marvell City. Lingkup pekerjaan pada pembangunan apartemen Linden Tower ini dimulai dari pekerjaan persiapan yaitu pengukuran, pekerjaan pondasi, pekerjaan struktur, pekerjaan pembongkaran atau penghancuran dan pekerjaan finishing.

4.1.3 Profil Responden

Dalam penelitian ini, pengumpulan data dilakukan dengan menyebarkan angket kuesioner kepada beberapa responden. Angket kuesioner tersebut terdapat pada lampiran penelitian ini. Responden dalam penelitian ini adalah pihak – pihak yang bekerja di kontraktor yang telah memiliki pengalaman mengerjakan proyek. Jumlah responden dalam pengisian kuesioner ini ada 8 responden, diperoleh respon yang berhasil dikumpulkan sebanyak 5 kuesioner. Berikut adalah profil dari masing – masing responden.

1. Project Manager

Pada proyek ini jabatan tersebut diisi oleh bapak Unggul Prasetyo Adhie dimana beliau menjabat sebagai project production manajer. Beliau memiliki pengalaman mengenai pekerjaan

proyek ± 25 Tahun. Dalam memenuhi data yang diperlukan pada Tugas Akhir ini, beliau membantu memberikan tingkat skala risiko yang terjadi di lapangan.

2. Safety Officer

Pada proyek ini jabatan tersebut diisi oleh bapak Arief Syaiful H dimana beliau menjabat sebagai kepala Safety Office. Beliau memiliki pengalaman mengenai pekerjaan proyek ± 15 Tahun. Dalam memenuhi data yang diperlukan pada Tugas Akhir ini, beliau membantu memberikan informasi tentang risiko dan memberikan skala atau tingkat risiko yang terjadi di lapangan.

3. Staff Teknik

Pada proyek ini jabatan tersebut diisi oleh bapak Sunang dimana beliau menjabat sebagai project kepala Supervisor bagian Linden Tower. Beliau memiliki pengalaman mengenai pekerjaan proyek ± 12 Tahun. Dalam memenuhi data yang diperlukan pada Tugas Akhir ini, beliau membantu memberikan tingkat skala risiko yang terjadi di lapangan.

4. Staff Lapangan

Pada proyek ini jabatan tersebut diisi oleh bapak Rudy Hartono dimana beliau menjabat sebagai project Staff Supervisor bagian Mall. Beliau memiliki pengalaman mengenai pekerjaan proyek ± 15 Tahun. Dalam memenuhi data yang diperlukan pada Tugas Akhir ini, beliau membantu memberikan tingkat skala risiko yang terjadi di lapangan.

4.2 Identifikasi Potensi Mode Kegagalan

Tahapan dalam Identifikasi risiko kecelakaan kerja ini dimulai dengan survey lapangan, wawancara langsung untuk mengetahui factor factor potensi risiko terjadi pada proyek apartemen Linden Tower. Potensi risiko ini diklasifikasikan lingkup pekerjaan yang selalu mengalami risiko kecelakaan kerja.

Penelitian ini dilakukan berupa angket kuesioner yang bertujuan untuk mengidentifikasi, mengetahui besaran dampak dan frekuensi, serta penanganan risiko kecelakaan kerja.

4.3 Analisis Respon Risiko dengan Metode FMEA

Metode FMEA ini dilakukan untuk menganalisa potensi kegagalan dan mengidentifikasi penyebab, dampak yang terjadi pada setiap risiko kecelakaan. Metode FMEA ini memprioritaskan penyelesaian berdasarkan tingkat keparahan, kejadian dan deteksi. Sehingga hasilnya dapat dilakukan kemungkinan pengendalian untuk setiap kejadian dasar penyebab suatu kegagalan tersebut.

Pada saat dilakukannya penyebaran kuesioner penilaian risiko yang di isi oleh beberapa responden, peneliti menyertakan skala penilaian risiko untuk membantu responden dalam penilaian risiko di tiap variable kegagalan risiko.

a. Menganalisa tingkat keparahan (*severity*)

Tingkat keparahan terjadinya kegagalan bertujuan untuk mengetahui tingkat keparahan yang terjadi di tiap tiap kegagalan risiko yang muncul di proyek. Keparahannya ini berdasarkan dampak yang terjadi dari mode kegagalan di tiap lingkup pekerjaan. Dalam bab 2 sudah dijelaskan tentang skala keparahan dari skala 1-10, namun dalam bab ini diberikan skala keparahan dari skala 1-5 dengan tujuan untuk mempermudah responden dalam mengerjakan angket kuesioner. Adapun kriteria skala keparahan dari tiap kegagalan (*severity*)

Tabel 4.1 Skala Keparahannya (*Severity*)

Effect	Kriteria Kejadian	Skala
Sangat tinggi	Efek kegagalan yang sangat parah	5
Tinggi	Efek kegagalan yang parah	4
Sedang	Efek kegagalan yang jarang parah	3
Kecil	Efek kegagalan yang sedikit parah	2
Sangat kecil	Efek kegagalan yang tidak parah	1

Sumber : Carlson 2010

b. Menganalisa tingkat kejadian (*occurance*)

Tingkat kejadian terjadinya kegagalan bertujuan untuk mengetahui tingkat kejadian yang terjadi di tiap tiap kegagalan risiko yang muncul di proyek. Keparahan ini berdasarkan penyebab yang terjadi dari mode kegagalan di tiap lingkup pekerjaan. Dalam bab 2 sudah dijelaskan tentang skala keparahan dari skala 1-10, namun dalam bab ini diberikan skala keparahan dari skala 1-5 dengan tujuan untuk mempermudah responden dalam mengerjakan angket kuesioner. Adapun kriteria skala kejadian (*occurance*) dari tiap kegagalan.

Table 4.2 Skala Kejadian (*Occurance*)

Effect	Kriteria Kejadian	Skala
Sangat sering terjadi	Kegagalan yang tidak dapat dihindarkan	5
Sering terjadi	Kegagalan yang sering terjadi berulang – ulang	4
Biasa terjadi	Kegagalan yang biasa terjadi	3
Jarang terjadi	Kegagalan yang terjadi beberapa kali saja	2
Sangat jarang terjadi	Kegagalan yang sangat jarang terjadi	1

Sumber : Carlson 2010

c. Menganalisa tingkat deteksi (*detection*)

Tingkat kejadian terjadinya kegagalan bertujuan untuk mengetahui tingkat kejadian yang terjadi di tiap tiap kegagalan risiko yang muncul di proyek. Keparahan ini berdasarkan penanggulangan yang terjadi dari mode kegagalan di tiap lingkup pekerjaan. Dalam bab 2 sudah dijelaskan tentang skala keparahan dari skala 1-10, namun dalam bab ini diberikan skala keparahan dari skala 1-5 dengan tujuan untuk mempermudah responden

dalam mengerjakan angket kuesioner. Adapun kriteria skala Deteksi (*detection*) dari tiap kegagalan.

Table 4.3 Skala Deteksi (*Detection*)

Effect	Kriteria Kejadian	Skala
Tidak terdeteksi	Kemungkinan kegagalan terdeteksi lebih awal : tidak terdeteksi	5
Jarang Terdeteksi	Kemungkinan kegagalan terdeteksi lebih awal : sangat rendah	4
Biasa Terdeteksi	Kemungkinan kegagalan terdeteksi lebih awal : rendah	3
Terdeteksi	Kemungkinan kegagalan terdeteksi lebih awal : tinggi	2
Sangat Terdeteksi	Kemungkinan kegagalan terdeteksi lebih awal : sangat tinggi	1

Sumber : Carlson 2010

d. Perhitungan nilai RPN (*Risk Priority Number*)

Hasil dari identifikasi risiko yang bertujuan untuk mengetahui tingkat risiko yang paling kritis dengan memperhatikan beberapa macam skala risiko. Metode untuk menentukan tingkat risiko paling kritis dengan menggunakan metode RPN (*Risk Priority Number*). Dimana nilai RPN diperoleh dari perkalian antara skala *severity*, *occurance*, *detection*.

$$\text{RPN} = \text{severity} \times \text{occurance} \times \text{detection}$$

Dari nilai RPN yang paling kritis tersebut akan diidentifikasi sumber penyebab yang ditimbulkan dari masing – masing variable risiko. Form kuesioner yang diajukan telah terlampir pada lampiran.

Tabel 4.4 *Failure Mode Effect and Analysis (Severity)*

No	Item Pekerjaan	Function	Failure Mode	Effect (dampak)	Skala <i>Severity</i> (Keparahan)					SI (%)	Kategori
					1	2	3	4	5		
1	Galian & Timbunan Tanah	Pekerjaan galian tanah dengan luas sebesar 742,5 m ² pada kedalaman 5,05 m. sehingga volume yang didapat adalah luasan lahan x kedalaman galian tanah sebesar 3.749,928 m ³	Muka air tanah lebih tinggi dari sungai	Lokasi banjir	0	0	0	2	3	90	ST
			Kondisi tanah yang lunak	Tanah galian longsor	0	0	0	2	3	85	T
			Kondisi tanah yang lunak	Terjatuh / terperosok kedalam galian	0	0	0	2	3	90	ST
			Kecelakaan alat berat	Terjadi kecelakaan kendaraan antara dumptruk & dump truk lain, kesrempt ataupun selip saat keluar masuk proyek	0	0	0	3	2	85	T
			Lingkungan proyek kurang bersih	Terpapar debu / asap (CO ₂) kendaraan, asap dump truk terhirup oleh staff pekerja.	0	0	0	4	1	80	T
2	Pengadaan Sheet Pile (SP) dan pemancangan (piling driving)	dalam pelaksanaannya menggunakan alat berat mobile crane	Mengatur sheet pile saat lifting dan rigging yang tidak hati hati	Tertimpa / tergencet sheet pile saat lifting and rigging	0	0	0	1	4	95	ST

No	Item Pekerjaan	Function	Failure Mode	Effect (dampak)	Skala Severity (Keparahan)					SI (%)	Kategori
					1	2	3	4	5		
2	Pengadaan Sheet Pile (SP) dan pemancangan (piling driving)	Pengangkatan sheet pile / tiang pancang spoon pile dengan kedalaman 10m dengan diameter 50cm.	Kecelakaan alat berat yang tidak beroperasi	Sling crane putus	0	0	0	0	5	100	ST
			SDM tidak konsentrasi	Kena / terpercik oli pancang	0	0	0	4	1	80	ST
			SDM tidak konsentrasi	Terkena/ tertimpa benturan sheet pile	0	0	0	2	3	90	ST
			Truk beton tidak diperiksa ketika dicurahkan	Terkena tumpahan adukan beton dari mixer, tertabrak mobil truk mixer	0	0	0	1	4	95	ST
3	Pekerjaan pengecoran (in situ concrete)	Pekerjaan pengecoran in situ concrete yaitu dengan tebal plat lantai ± 12cm dan luas per lantai sebesar 742,56 m ² . Sehingga volume cor beton 36 lantai = 3.207,86 m ³ .	SDM tidak konsentrasi	Terpeleset, jatuh, tererosok ke media bekisting	0	0	0	2	3	90	ST
			SDM tidak konsentrasi	Tergores ujung besi cor tajam	0	0	0	5	0	75	T
			SDM tidak konsentrasi	Mata terpercik butiran kecil kotor	0	0	0	4	1	80	T

No	Item Pekerjaan	Function	Failure Mode	Effect (dampak)	Skala <i>Severity</i> (Keparahan)					SI (%)	Kategori
					1	2	3	4	5		
3	Pekerjaan pengecoran (in situ concrete)	Pekerjaan pengecoran in situ concrete yaitu dengan tebal plat lantai \pm 12cm dan luas per lantai sebesar 742,56 m ² . Sehingga volume cor beton 36 lantai = 3.207,86 m ³ .	Alat berat tidak siap beroperasi	Agitator truk terguling/terbalik	0	0	0	1	4	95	ST
			Alat berat yang tidak bekerja dengan baik	Tremi lepas dari bracket pengecoran	0	0	0	3	2	85	T
			SDM kurang berhati hati,	Tergores benda, tajam / tumpul, terpeleset, terbentur, terjepit bekisting	0	0	0	4	1	80	T
4	Pekerjaan bekisting atau media cetak (<i>formwork</i>)	Pembuatan dan pemasangan bekisting dengan alat berat mobile crane, vibrator yang berfungsi untuk memadatkan beton yang ada didalam bekisting	Lingkungan proyek yang mengganggu	Suara keras / bising mesin gerindra	0	0	0	5	0	75	T
			SDM tidak konsentrasi	Terkena paku / bendrat /barang tajam lainnya	0	0	2	1	2	75	T
			Metode Pelaksanaannya yang tidak sesuai	Bekisting bocor tidak kuat menahan beban / jebol karena beton menumpuk saat di vibro	0	0	1	4	0	70	T
		Penuangan (in situ concrete)	SDM kurang berhati hati	Jatuh dari ketinggian > 3m	0	0	0	0	5	100	ST

No	Item Pekerjaan	Function	Failure Mode	Effect (dampak)	Skala <i>Severity</i> (Keparahan)					SI (%)	Kategori
					1	2	3	4	5		
5	Pekerjaan produksi pembesian (rebar&fabrication)		SDM tidak konsentrasi	Jari tersayat ujung tulangan / tergores ujung besi beton yang sudah terpotong	0	0	0	0	5	100	ST
		Produksi dan pemotongan besi dengan besi polos dan ulir yang berdiameter 10,12,16. Dalam pelaksanaannya alat berat yang digunakan yaitu mesin pemotong besi.	SDM kurang berhati-hati	Jari tangan terjepit atau terkena mesin pemotong besi yang tajam	0	0	0	1	4	95	ST
			SDM tidak konsentrasi	Pekerja potong besi kesetrum listrik tegangan tinggi	0	0	0	2	3	90	ST
			SDM tidak konsentrasi	Terbentur benda tajam / tumpul	0	0	0	1	4	95	ST
		Pengangkutan / pengiriman material besi ke lokasi cor	SDM kurang berhati-hati	Rebar jatuh, pekerja besi tertimpa tumpukan rebar	0	0	0	2	3	90	ST
			Lingkungan proyek yang tidak bersih	Tergores menginjak potongan besi atau	0	0	0	1	4	95	ST
		Install rebar di lokasi cor	SDM kurang berhati-hati	Pekerja tertimpa / tergencet / terjepit / kerobohan H-Beam	0	0	0	2	3	90	ST

No	Item Pekerjaan	Function	Failure Mode	Effect (dampak)	Skala <i>Severity</i> (Keparahan)					SI (%)	Kategori
					1	2	3	4	5		
6	Pekerjaan install steel support	Install support	SDM tidak konsentrasi	Mata terpercik butiran kecil kotoran	0	0	0	3	2	85	T
7	Pekerjaan penghancuran pembongkaran	Pekerjaan pembongkaran dilakukan dengan alat berat excavator	SDM tidak konsentrasi	Paha kaki & jari kaki tergores	0	0	0	2	3	90	ST
			Kelalaian pekerja	Terkena lemparan batu waktu pengumpulan material dari pinggir <i>top</i> plengsengan ke bottom	0	0	0	1	4	95	ST
8	Pekerjaan pasangan batu	Angkutan material & supply material di lokasi proyek	Kelalaian pekerja	Orang terpeleset/ kaki keseleo/ jatuh, waktu pemasangan bata	0	0	0	4	1	80	T
		Pasangan batu	Kelalaian pekerja	Terkena lemparan bata ringan pada waktu pengumpulan material ditinggikan	0	0	0	1	4	95	ST
9	Pekerjaan pasangan bata ringan	Angkutan material yang digunakan dalam pekerjaan pasngan bata ringan	Alat berat / tangga yang tidak berfungsi	Orang terjatuh, waktu pemasangan bata	0	0	0	0	5	100	ST
			Lingkungan tempat adukan mortar yang tidak ada	Terkena percikan adukan mortar plester batu	0	0	0	3	2	85	T

No	Item Pekerjaan	Function	Failure Mode	Effect (dampak)	Skala <i>Severity</i> (Keparahan)					SI (%)	Kategori
					1	2	3	4	5		
10	Pekerjaan plesteran dinding	Supply material	SDM tidak konsentrasi	Kejatuhan batu material dari pinggir	0	0	0	1	4	95	ST
		Plesteran dinding	SDM tidak konsentrasi	Orang terjatuh, waktu pekerjaan plesteran luar di ketinggian	0	0	0	1	4	95	ST

Sumber Hasil Survey dan Wawancara

Tabel 4.5 *Failure Mode Effect and Analysis (Occurance)*

No	Item Pekerjaan	Function	Failure Mode	Cause (Penyebab)	Skala Occurance (kejadian)					SI (%)	Kategori
					1	2	3	4	5		
1	Galian & Timbunan Tanah	Pekerjaan galian tanah dengan luas sebesar 742,5 m ² pada kedalaman 5,05 m. sehingga volume yang didapat adalah luasan lahan x kedalaman galian tanah sebesar 3.749,928 m ³	Muka air tanah lebih tinggi dari sungai	Pompa tidak berfungsi	0	0	4	1	0	55	C
				Kurangnya galian pada daerah pinggir	0	1	4	0	0	45	C
			Kondisi tanah yang lunak	Kemiringan galian curam	0	1	4	0	0	45	C
				Truk, Alat berat dan tenaga yang berpijak dalam jarak yang aman terhadap lubang galian	0	1	2	2	0	55	C
			Kondisi tanah yang lunak	Tidak ada akses jalan menuju galian	0	0	2	3	0	65	T
				Bekerja dan tidak pakai APD	0	0	1	4	0	70	T
				Pekerja kurang konsentrasi	0	0	5	0	0	50	C
			Kecelakaan alat berat Lingkungan proyek yang kurang bersih	Pengaturan lalu lintas dump truk yang tidak sesuai	0	0	1	4	0	70	T
				Kurangnya rambu peringatan	0	0	4	1	0	55	C
				debu yang berterbangan di lokasi proyek	0	0	1	4	0	70	T

No	Item Pekerjaan	Function	Failure Mode	Cause (Penyebab)	Skala Occurance (kejadian)					SI (%)	Kategori
					1	2	3	4	5		
1	Galian & Timbunan Tanah			Pekerja tidak memakai APD	0	0	4	1	0	55	C
2	Pengadaan Sheet Pile (SP) dan pemancangan (piling driving)	Pengangkatan sheet pile / tiang pancang spoon pile dengan kedalaman 10m dengan diameter 50cm. dalam pelaksanaannya menggunakan alat berat mobile crane	Mengatur sheet pile saat lifting dan rigging yang tidak hati-hati	Teknisi yang mengoperasikan tidak hati-hati	0	1	3	1	0	50	C
				Pekerja yang disekitar proyek tidak melihat alat berat sedang dioperasikan	0	2	3	0	0	40	C
			Kecelakaan alat berat yang tidak beroperasi	Sling crane tidak diperiksa ketika akan dioperasikan	0	0	3	2	0	60	C
			SDM tidak konsentrasi	Pekerja tidak memakai APD	0	0	4	1	0	55	C
			SDM tidak konsentrasi	Pekerja berada di area proyek	0	0	4	1	0	55	C
3	Pekerjaan pengecoran (in situ concrete)	Pekerjaan pengecoran in situ concrete yaitu dengan tebal plat lantai ± 12cm. luas 1 lantai = 742,56 m ² . Sehingga volume cor beton 36 lantai = 3.207,86 m ³ .	Truk beton tidak diperiksa ketika dicurahkan	Tidak ada operator	0	0	3	2	0	60	C
				Pekerja tidak memakai APD	0	1	3	1	0	50	C
			SDM tidak konsentrasi	Pembuatan lahan untuk media bekisting tidak ada	0	0	3	2	0	60	C

No	Item Pekerjaan	Function	Failure Mode	Cause (Penyebab)	Skala Occurance (kejadian)					SI (%)	Kategori
					1	2	3	4	5		
3	Pekerjaan pengecoran (in situ concrete)		SDM tidak konsentrasi	Pekerja tidak memakai APD	0	0	3	2	0	60	C
			SDM tidak konsentrasi	Pekerja tidak memakai APD	0	0	2	3	0	65	T
			Alat berat tidak siap operasi	Jalan kerja tidak rata	0	0	3	2	0	60	C
			Alat berat yang tidak bekerja dengan baik	Pemasangan tremi yang tidak sesuai dan terlalu kuat dan concrete mix yang keluar	0	1	3	1	0	50	C
4	Pekerjaan bekisting atau media cetak (formwork)	Pembuatan dan pemasangan bekisting dengan alat berat mobile crane, vibrator yang berfungsi untuk memadatkan beton yang ada didalam bekisting	SDM kurang berhati hati	Pekerja tidak hati hati	0	1	4	0	0	45	C
				Kurangnya penyediaan tangga kerja	0	0	5	0	0	50	C
			Lingkungan proyek yang mengganggu	Pekerja tidak memakai APD	0	0	3	2	0	60	C
			SDM tidak konsentrasi	Pekerja tidak memakai APD	0	0	5	0	0	50	C
				Tidak ada dump truk untuk mengumpulkan benda	0	1	4	0	0	45	C
		Penuangan (in situ concrete)	Metode pelaksanaan yang tidak sesuai	Perhitungan kekuatan bekisting yang tidak kuat	0	1	3	1	0	50	C

No	Item Pekerjaan	Function	Failure Mode	Cause (Penyebab)	Skala Occurance (kejadian)					SI (%)	Kategori
					1	2	3	4	5		
4	Pekerjaan bekisting atau media cetak (<i>formwork</i>)			Pemasangan penguat bekisting tidak lengkap	0	0	0	5	0	75	T
				Inspeksi pemasangan bekisting tidak sesuai	0	0	2	3	0	65	T
			SDM kurang berhati hati	Pekerja tidak memakai APD	0	0	2	3	0	65	T
				Tidak ada tangga darurat	0	0	4	1	0	55	C
5	Pekerjaan produksi pembesian (rebar & fabrication)	Produksi & pemotongan besi dengan besi polos dan ulir yang berdiameter 10,12,16. Dalam pelaksanaannya alat berat yang digunakan yaitu mesin pemotong besi.	SDM tidak konsentrasi	Pekerja tidak memakai APD	0	0	3	2	0	60	C
				Penempatan hasil fabrikasi besi yang tidak rata	0	0	2	3	0	65	T
			SDM kurang berhati hati	Pekerja tidak memakai APD	0	0	4	1	0	55	C
				Alat mesin yang tidak diperiksa	0	0	3	2	0	60	C
				Penempatan besi yang tidak diperiksa	0	0	5	0	0	50	C
				Mesin pemotong besi yang dibuka panel	0	0	3	2	0	60	C

No	Item Pekerjaan	Function	Failure Mode	Cause (Penyebab)	Skala Occurance (kejadian)					SI (%)	Kategori
					1	2	3	4	5		
5	Pekerjaan produksi pembesian (rebar & fabrication)		SDM tidak konsentrasi	Jaringan kabel yang terhubung dengan mesin pemotong tidak sesuai standar SNI	0	1	2	2	0	55	C
				Tidak ada rambu peringatan	0	0	4	1	0	55	C
		Pengangkutan / pengiriman material besi ke lokasi cor	SDM tidak konsentrasi	Pekerja tidak memakai APD	0	1	2	2	0	55	C
			SDM kurang berhati hati	Alat berat yang tidak sesuai	0	0	3	2	0	60	C
				Pengaturan lalu lintas alat berat yang tidak sesuai	0	0	4	1	0	55	C
			Install rebar di lokasi cor	Lingkungan proyek yang tidak bersih	Penempatan besi yang tidak rapi	0	0	4	1	0	55
		Pekerja tidak memakai APD		0	0	2	3	0	65	T	
		6	Pekerjaan install steel support	Install support	SDM kurang berhati hati	Pekerja tidak memakai APD	0	0	1	4	0
Pekerja terampil / operator alat berat yang tidak berpengalaman	0					0	3	2	0	60	C
Kondisi alat seling tidak diperiksa	0					0	4	1	0	55	C

No	Item Pekerjaan	Function	Failure Mode	Cause (Penyebab)	Skala Occurance (kejadian)					SI (%)	Kategori
					1	2	3	4	5		
6	Pekerjaan install steel support			Penempatan alat berat yang tidak sesuai	0	0	5	0	0	50	C
7	Pekerjaan penghancuran pembongkaran	Pekerjaan pembongkaran dilakukan dengan alat berat excavator	SDM tidak konsentrasi	Pekerja tidak memakai APD	0	0	4	1	0	55	C
			SDM tidak konsentrasi	Pekerja tidak memakai APD	0	0	4	1	0	55	C
8	Pekerjaan pasangan batu	Angkutan material & supply material di lokasi proyek	Kelalaian pekerja	Tidak ada rambu peringatan	0	0	3	2	0	60	C
				Pekerja tidak memakai APD	0	0	4	1	0	55	C
		Pasangan batu	Kelalaian pekerja	Tidak ada pagar pengaman	0	1	3	1	0	50	C
				Pekerja tidak memakai APD	0	1	4	0	0	45	C
9	Pekerjaan pasangan bata ringan	Angkutan material yang digunakan dalam pekerjaan pasangan bata ringan	Kelalaian pekerja	Tidak ada rambu peringatan	0	0	4	1	0	55	C
				Pekerja tidak memakai APD	0	1	0	4	0	65	T
		Alat berat / tangga yang tidak ada	Tidak ada pagar pengaman	Tidak ada pagar pengaman	0	1	3	1	0	50	C
				Pekerja tidak memakai APD	0	0	5	0	0	50	C
10	Pekerjaan plesteran dinding	Supply material	Lingkungan tempat adukan mortar yg tidak ada	Pekerja tidak memakai APD	0	0	4	1	0	55	C

No	Item Pekerjaan	Function	Failure Mode	Cause (Penyebab)	Skala Occurance (kejadian)					SI (%)	Kategori
					1	2	3	4	5		
10	Pekerjaan plesteran dinding			Tidak ada tempat adukan yang layak / memadai	0	0	5	0	0	50	C
		Plesteran dinding	SDM tidak konsentrasi	Pekerja tidak memakai APD	0	1	4	0	0	45	C
				Tidak ada pagar pengaman	0	1	2	2	0	55	C
				Pekerja tidak memakai APD	0	0	5	0	0	50	C

Sumber Hasil Survey dan Wawancara

Tabel 4.6 *Failure Mode Effect and Analysis (Detection)*

No	Item Pekerjaan	Function	Failure Mode	Design Control	Skala Detection (Deteksi)					SI (%)	Kategori
					1	2	3	4	5		
1	Galian & Timbunan Tanah	Pekerjaan galian tanah dengan luas sebesar 742,5 m ²	Muka air tanah lebih tinggi dari sungai	Pemasangan pompa	1	4	0	0	0	20	R
				Buat galian tepi arahkan ke sampit (bak control) lalu pompa keluar	0	3	2	0	0	35	R
			Kondisi tanah yang lunak	Memberikan patok pembatas dan rambu rambu	0	5	0	0	0	25	R
				Buat pagar pengaman & buat tangga turun kedalam galian	3	2	0	0	0	10	SK
			Kondisi tanah yang lunak	Memakai APD (<i>Safety Shoes</i>)	3	2	0	0	0	10	SK
				Pemberian rambu rambu peringatan	1	4	0	0	0	20	R
			Kecelakaan alat berat	Atur lalu lintas saat kendaraan keluar masuk	2	3	0	0	0	15	R
				Pasang rambu peringatan = AWAS KECELAKAAN KECE. TRUK MAX 10km/jam	5	0	0	0	0	0	SK

No	Item Pekerjaan	Function	Failure Mode	Design Control	Skala Detection (Deteksi)					SI (%)	Kategori
					1	2	3	4	5		
1	Galian & Timbunan Tanah		Lingkungan proyek yang kurang bersih	Pembersihan tanah dari material proyek yang tersisa dan penyiraman	0	4	1	0	0	30	R
				Memakai APD (masker)	3	2	0	0	0	10	SK
2	Pengadaan Sheet Pile (SP) dan pemancangan (piling driving)	Pengangkatan sheet pile / tiang pancang spoon pile dengan kedalaman 10m dengan diameter 50cm. dalam pelaksanaan nya menggunakan alat berat mobile crane	Mengatur sheet pile saat lifting dan rigging	Operator mesin harus benar – benar terlatih dan berpengalaman	4	1	0	0	0	5	SK
				Titik pengangkatan 1/3 panjang SSP (steel sheet pile)	4	1	0	0	0	5	SK
				Cek/periksaan sling crane sebelum digunakan	3	2	0	0	0	10	SK
				SDM tidak konsentrasi	4	1	0	0	0	5	SK
				SDM tidak konsentrasi	2	3	0	0	0	15	R
3	Pekerjaan pengecoran (in situ concrete)	pengecoran in situ concrete dgn tebal plat lantai ±12cm .luas 1 lantai=742,56m ² .volume cor beton 36 lantai = 3.207,86	Truk beton tidak diperiksa ketika dicurahkan	Gunakan aba-aba operator benar	0	5	0	0	0	25	R

No	Item Pekerjaan	Function	Failure Mode	Design Control	Skala Detection (Deteksi)					SI (%)	Kategori
					1	2	3	4	5		
3	Pekerjaan pengecoran (in situ concrete)	pengecoran in situ concrete dgn tebal plat lantai $\pm 12\text{cm}$ luas 1 lantai = 742,56 m ² volume cor beton 36 lantai = 3.207,86		Memakai APD	4	1	0	0	0	5	SK
			SDM tidak konsentrasi	Dibuatkan jalan kerja yang aman dan tidak licin	1	4	0	0	0	20	R
			SDM tidak konsentrasi	Memakai APD	4	1	0	0	0	5	SK
			SDM tidak konsentrasi	Memakai APD	3	2	0	0	0	10	SK
			Alat berat tidak siap operasi	Meratakan dan memadatkan jalan	2	3	0	0	0	15	R
			Alat berat yang tidak bekerja dengan baik	Selalu melakukan control dan mengikat kuat tremi	1	4	0	0	0	20	R
4	Pekerjaan bekisting atau media cetak (formwork)	Pembuatan dan pemasangan bekisting dengan alat berat mobile crane, vibrator yang berfungsi untuk memadatkan beton yang ada didalam bekisting	SDM kurang berhati hati	Memakai APD	3	2	0	0	0	10	SK
				Pembuatan bekisting di ketinggian >3m, tangga kerja yang stabil	1	4	0	0	0	20	R
				Meredam suara bising dengan APD	3	2	0	0	0	10	SK
			SDM tidak konsentrasi	Memakai APD	3	2	0	0	0	10	SK

No	Item Pekerjaan	Function	Failure Mode	Design Control	Skala <i>Detection</i> (Deteksi)					SI (%)	Kategori
					1	2	3	4	5		
4	Pekerjaan bekisting atau media cetak (<i>formwork</i>)	Pembuatan dan pemasangan bekisting dengan alat berat mobile crane, vibrator yang berfungsi untuk memadatkan beton yang ada didalam bekisting		Kaso bekas bekisting yang ada paku harus dilepas, ditata rapi	2	3	0	0	0	15	R
			Metode pelaksanaan yang tidak sesuai	Perhitungan kekuatan bekisting dan perancahnya harus tepat	2	3	0	0	0	15	R
				Dipasang kelengkapan penguat bekisting seperti skor, gelagar	3	2	0	0	0	10	SK
				Inspeksi pemasangan oleh K3 dan pelaksana harus sesuai standar	1	4	0	0	0	20	R
			SDM kurang berhati hati	Memakai APD	4	1	0	0	0	5	SK
				Pasang life line dan tangga darurat	4	1	0	0	0	5	SK
5	Pekerjaan produksi pembersian (rebar & fabrication)	Produksi& pemotongan besi dengan besi polos dan ulir yang berdiameter 10,12,16. menggunakan alat berat mesin pemotong besi.	SDM tidak konsentrasi	Memakai sarung tangan	4	1	0	0	0	5	SK

No	Item Pekerjaan	Function	Failure Mode	Design Control	Skala <i>Detection</i> (Deteksi)					SI (%)	Kategori
					1	2	3	4	5		
5	Pekerjaan produksi pembersian (rebar & fabrication)	Produksi & pemotongan besi dengan besi polos dan ulir yang berdiameter 10,12,16. menggunakan alat berat mesin pemotong besi.	SDM tidak konsentrasi	Hasil fabrikasi besi ditata rapi pada tempat tersendiri	0	5	0	0	0	25	R
			SDM kurang berhati hati	Memakai APD	3	2	0	0	0	10	SK
				Periksa alat sebelum dipakai	1	4	0	0	0	20	R
				Penempatan besi diatur dengan benar	2	3	0	0	0	15	R
				Mesin ditutup panel kecuali jalur pemotong besi agar SDM terlindungi	2	3	0	0	0	15	R
			SDM tidak konsentrasi	Jaringan kabel yang terhubung dengan mesin pemotong harus terpasang dengan benar dan panel listrik	4	1	0	0	0	5	SK
				Memasang rambu peringatan	3	2	0	0	0	10	SK
			SDM tidak konsentrasi	Memakai APD	4	1	0	0	0	5	SK
		Pengangkutan / pengiriman material besi ke lokasi cor	SDM kurang berhati hati	Alat angkut yang sesuai panjang rebar	1	4	0	0	0	20	R

No	Item Pekerjaan	Function	Failure Mode	Design Control	Skala <i>Detection</i> (Deteksi)					SI (%)	Kategori
					1	2	3	4	5		
				Bila jarak pengiriman jauh dari tempat produksi besi ke lokasi cor	2	3	0	0	0	15	R
		Install rebar di lokasi cor	Lingkungan proyek yang tidak bersih	Besi yang sudah dipotong ditata rapi	2	3	0	0	0	15	R
				Memakai APD	5	0	0	0	0	0	SK
6	Pekerjaan install steel support	Install support	SDM kurang berhati hati	Memakai APD	2	3	0	0	0	15	R
				Operator alat berat adalah orang yang berpengalaman dengan dilengkapi SIO	2	3	0	0	0	15	R
				Pemeriksaan kondisi seling oleh mekanik/operator dan safety pin	2	3	0	0	0	15	R
				Crane/ alat berat ditempatkan di tempat yang aman	2	3	0	0	0	15	R
7	Pekerjaan penghancuran pembongkaran	Pekerjaan pembongkaran dilakukan dengan alat berat excavator	SDM tidak konsentrasi	Memakai APD	1	4	0	0	0	20	R
			SDM tidak konsentrasi	Memakai APD	1	4	0	0	0	20	R

No	Item Pekerjaan	Function	Failure Mode	Design Control	Skala <i>Detection</i> (Deteksi)					SI (%)	Kategori
					1	2	3	4	5		
8	Pekerjaan pasangan batu	Angkutan material & supply material di lokasi proyek	Kelalaian pekerja	Gunakan aba aba operator benar dan hati hati	2	3	0	0	0	15	R
				Memakai APD	1	4	0	0	0	20	R
		Pasangan batu	Kelalaian pekerja	Buat pagar pengaman	3	2	0	0	0	10	SK
				Memakai APD	4	1	0	0	0	5	SK
9	Pekerjaan pasangan bata ringan	Angkutan material yang digunakan dalam pekerjaan pasangan bata ringan	Kelalaian pekerja	Gunakan aba aba operator benar dan hati hati	1	4	0	0	0	20	R
				Memakai APD	1	4	0	0	0	20	R
			Alat berat / tangga yang tidak aman	Buat pagar pengaman	1	4	0	0	0	20	R
				Memakai APD	1	4	0	0	0	20	R
10	Pekerjaan plesteran dinding	Supply material	Lingkungan tempat yang tidak ada	Memakai APD	4	1	0	0	0	5	SK
				Tersedianya tempat adukan untuk meletakkan adukan yang memadai	0	5	0	0	0	25	R
			SDM tidak konsentrasi	Memakai APD	4	1	0	0	0	5	SK
				Buat pagar pengaman	5	0	0	0	0	0	SK
				Memakai APD	3	2	0	0	0	10	SK

Sumber : Hasil Survey dan Wawancara

Tabel 4.7 Perhitungan *Risk Priority Number*

No	Item Pekerjaan	Function	Failure Mode	Severity (SI %)	Occurance (SI %)	Detection (SI %)	RPN (%)
1	Galian & Timbunan Tanah	Pekerjaan galian tanah dengan luas sebesar 742,5 m2	Muka air tanah lebih tinggi dari sungai	90	55	20	99.000
					45	35	141.750
			Kondisi tanah yang lunak	85	45	25	95.625
					55	10	70.125
			Kondisi tanah yang lunak	90	65	10	58.500
					70	20	63.000
					50	15	90.000
			Kecelakaan alat berat	85	70	15	89.250
					55	0	0
			Lingkungan proyek yang kurang bersih	80	70	30	168.000
					55	10	44.000
2	Pengadaan Sheet Pile (SP) dan pemancangan (piling driving)	Pengangkatan sheet pile / tiang pancang spoon pile dengan kedalaman 10m dengan diameter 50cm. dalam pelaksanaannya menggunakan alat berat mobile crane	Mengatur sheet pile saat lifting dan rigging	95	50	5	23.750
					40	5	19.000
			Kecelakaan alat berat yang tidak beroperasi	100	60	10	60.000

No	Item Pekerjaan	Function	Failure Mode	Severity (SI %)	Occurance (SI %)	Detection (SI %)	RPN (%)
2	Pengadaan Sheet Pile (SP) dan pemancangan (piling driving)		SDM tidak konsentrasi	80	55	5	22.000
			SDM tidak konsentrasi	90	55	15	74.250
3	Pekerjaan pengecoran (in situ concrete)	Pekerjaan pengecoran in situ concrete yaitu dengan tebal plat lantai \pm 12cm .luas 1 lantai = 742,56 m ² . Sehingga volume cor beton 36 lantai = 3.207,86 m ³ .	Truk beton tidak diperiksa ketika dicurahkan	95	60	25	142.500
					50	5	23.750
			SDM tidak konsentrasi	90	60	20	108.000
			SDM tidak konsentrasi	75	60	5	22.500
			SDM tidak konsentrasi	80	65	10	52.000
			Alat berat tidak siap operasi	95	60	15	85.500
			Alat berat tidak bekerja dengan baik	85	50	20	85.000
4	Pekerjaan bekisting atau media cetak (formwork)	Pembuatan dan pemasangan bekisting dengan alat berat mobile crane, vibrator yang berfungsi untuk memadatkan beton yang ada didalam bekisting	SDM kurang berhati hati	80	45	10	36.000
					50	20	80.000
				75	60	10	45.000
			SDM tidak konsentrasi	75	50	10	37.500
					45	15	50.625

No	Item Pekerjaan	Function	Failure Mode	Severity (SI %)	Occurance (SI %)	Detection (SI %)	RPN (%)
4	Pekerjaan bekisting atau media cetak (<i>formwork</i>)		Metode pelaksanaan yang tidak sesuai	70	50	15	52.500
					75	10	52.500
					65	20	91.000
			SDM kurang berhati hati	100	65	5	32.500
					55	5	27.500
5	Pekerjaan produksi pembersian (rebar & fabrication)	Produksi&pe motongan besi dengan ulir yang berdiameter 10,12,16. Dalam pelaksanaann ya alat berat yang digunakan yaitu mesin pemotong besi.	SDM tidak konsentrasi	100	60	5	30.000
					65	25	162.500
			SDM kurang berhati hati	95	55	10	52.250
					60	20	114.000
					50	15	71.250
					60	15	85.500
			SDM tidak konsentrasi	90	55	5	24.750
					55	10	49.500
			SDM tidak konsentrasi	95	55	5	26.125
			SDM kurang berhati hati	90	60	20	108.000
					55	15	74.250
			Lingkungan proyek yang tidak bersih	95	55	15	78.375
					65	0	0
6	Pekerjaan install steel support	Install support	SDM kurang berhati hati	90	70	15	94.500
					60	20	108.000

No	Item Pekerjaan	Function	Failure Mode	Severity (SI %)	Occurance (SI %)	Detection (SI %)	RPN (%)
6	Pekerjaan install steel support	Install support	SDM kurang berhati hati	90	55	15	74.250
					50	15	67.500
7	Pekerjaan penghancuran pembongkaran	Pekerjaan pembongkaran dilakukan dengan alat berat excavator	SDM tidak konsentrasi	85	55	20	93.500
			SDM tidak konsentrasi	90	55	20	99.000
8	Pekerjaan pemasangan batu	Angkutan material & supply material di lokasi proyek	Kelalaian pekerja	95	60	15	85.500
					55	20	104.500
		Pasangan batu	Kelalaian pekerja	80	50	10	40.000
					45	5	18.000
9	Pekerjaan pemasangan bata ringan	Angkutan material yang digunakan dalam pekerjaan pemasangan bata ringan	Kelalaian pekerja	95	55	20	104.500
					65	20	123.500
		Alat berat / tangga yang tidak aman		100	50	20	100.000
					50	20	100.000
10	Pekerjaan plesteran dinding	Supply material	Lingkungan tempat yang tidak ada	85	55	5	23.375
					50	25	106.250
		SDM tidak konsentrasi		95	45	5	21.375
				95	55	0	0
					50	10	47.500

Sumber: Hasil Survey dan Wawancara

Hasil nilai *Severity*, *Occurance*, dan *Detection* diperoleh masing – masing hasil berdasarkan penilaian kuesioner dari tiap

tiap responden. Nilai tersebut dihitung dengan rumus severity *index* dan dikategorikan berdasarkan skala severity *index*. Berikut contoh perhitungan severity *index* kecelakaan muka air tanah lebih tinggi dari sungai pada pekerjaan galian dan timbunan tanah. Perhitungan berdasarkan skala severity (keparahan) yang dilakukan oleh 5 responden.

$$SI = \frac{\sum_{i=0}^4 a_i . x_i}{4 \sum_{i=0}^4 x_i} \times 100\%$$

$$SI = \frac{\sum_{i=0}^4 (0 \times 0) + (1 \times 0) + (2 \times 0) + (3 \times 2) + (4 \times 3)}{4 \sum_{i=0}^4 (5)} \times 100\%$$

$$SI = 90\%$$

Sedangkan untuk nilai RPN dapat menggunakan rumus FMEA. Berikut ini contoh perhitungan RPN kecelakaan muka air tanah lebih tinggi dari sungai pada pekerjaan galian dan timbunan tanah.

$$\begin{aligned} \text{RPN} &= \text{severity} \times \text{occurrence} \times \text{detection} \\ &= 90 \times 55 \times 20 \\ &= \mathbf{99.000} \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai risk priority diatas, didapatkan prioritas perbaikan yang harus dilakukan terlebih dahulu dari modus kecelakaan yang terjadi adalah pekerjaan galian dan timbunan tanah. Hal itu disebabkan karena nilai RPN tertinggi pada tiap

jenis pekerjaan diperoleh pada pekerjaan galian dan timbunan tanah dan pada modus kegagalan terpapar debu / asap (CO₂) kendaraan, asap dump truk yang terhirup oleh staff pekerja sebesar 168.000. Untuk nilai RPN ini akan dihubungkan dalam metode FTA (*Fault tree analysis*). Tujuan dari FTA ini adalah untuk mengetahui penyebab dari risiko kecelakaan K3 tersebut.

4.4 Identifikasi Sumber Penyebab Kecelakaan dengan Metode FTA

Metode FTA adalah metode analisis *top-down* deduktif. Dalam FTA, dimulainya kejadian utama seperti kegagalan komponen, kesalahan manusia, dan kejadian eksternal ditelusuri melalui gerbang logika menuju kejadian yang paling membahayakan. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi cara untuk membuat kejadian tersebut “kurang mungkin” terjadi, dan memverifikasi bahwa tujuan pengamanan telah dicapai.

Dalam metode FTA ini perlu diketahui factor factor yang menjadi penyebab terjadinya kecelakaan. Penyebab kecelakaan kerja akan dibahas secara general, penyebab kecelakaan kerja seperti tanah galian longsor namun tidak hanya pada pekerjaan Galian dan Timbunan tanah. Tetapi dalam semua pekerjaan yang ada dalam proyek pembangunan Apartemen yang dianalisa.

Metode analisis potensi kecelakaan yang digunakan adalah tool FTA dengan pendekatan top down yang dimulai dari top level event yang telah didefinisikan, kemudian mencari kejadian penyebab sampai kejadian yang paling mendasar, sehingga diperoleh kejadian paling dasar dari penyebab potensi kecelakaan kerja yang terjadi di proyek. Berikut langkah – langkah prosedur dan pendekatan dengan menggunakan FTA sebagai tool untuk menganalisis dan mengevaluasi mode kegagalan sebagai berikut :

1. Identifikasi kejadian – kejadian utama (*top event*) yang mungkin terjadi yang telah diperoleh berdasarkan perhitungan dengan metode FMEA yang dihitung sebelumnya.

2. Identifikasi contributor tingkat pertama dengan menambahkan kondisi atau kejadian yang dapat berkontribusi atau menyebabkan terjadinya *top event*.
3. Tetapkan logic gate (gerbang logika) sesuai dengan peristiwa terjadi pada waktu dan tempat yang sama (AND) atau salah satu kejadian yang mungkin terjadi (OR). Pergerakan membentuk cabang pada fault tree menunjukkan efek dari *top event*
4. Identifikasi contributor tingkat kedua dan tentukan symbol – symbol logika untuk menghubungkan kejadian – kejadian yang mungkin menjadi penyebab mode kegagalan contributor tingkat pertama.
5. Tetapkan logic gate (gerbang logika) contributor tingkat kedua.
6. Ulang atau lanjutkan. Kembangkan suatu strategi untuk memperbaiki kombinasi kejadian untuk mencegah kejadian dibagian atasnya terulang kembali.

4.4.1 Menentukan *Top event*

Top event (Kejadian Puncak) adalah suatu kegagalan atau kesalahan yang akan diidentifikasi secara rinci. *Top event* yang diperoleh, berdasarkan hasil klasifikasi data kecelakaan kerja yang terjadi selama periode bulan November 2014 sampai dengan April 2015 yang sudah dikelompokkan, hasil dari klasifikasi kecelakaan kerja yang sudah divalidasikan yang mempunyai frekuensi tinggi yang sering terjadi kecelakaan dilingkungan proyek Apartemen tersebut. Dalam FTA *Top event* digunakan untuk mengetahui puncak dari kegagalan proyek tersebut dalam hal Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Dalam proyek Apartemen Linden Tower II, *Top event* diperoleh dari hasil pengolahan data pengisian kuesioner kepada responden sehingga didapat 3 nilai *top event* tertinggi dari perhitungan FMEA sebelumnya. *Top event* yang tertinggi adalah

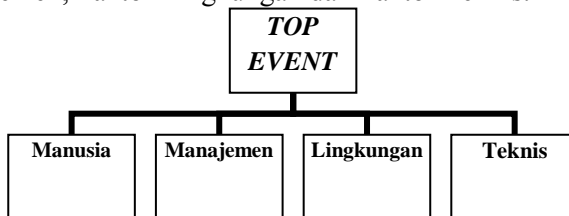
- a. Terpapar debu / Asap (CO₂) kendaraan, asap Dump truck terhirup oleh staff pekerja
- b. Terkena tumpahan / adukan beton dari mixer
- c. Jari Tersayat ujung tulangan / tergores ujung besi beton yang sudah terpotong.

4.4.2 Menentukan Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja

Metode ini ada 2 faktor yaitu *intermediate event* dan *basic event*. *Intermediate event* digunakan untuk menelusuri kondisi penyebab risiko yang dapat dihubungkan dengan menggunakan gerbang logika. *Basic Event* digunakan untuk mengidentifikasi kondisi dasar yang tidak memungkinkan lagi untuk diidentifikasi. Setelah itu *intermediate event* dan *basic event* digunakan untuk menggambarkan analisa pohon kegagalan secara terstruktur.

4.4.3 Menentukan Intermediate Event

Intermediate event adalah kondisi dimana suatu penyebab risiko masih mungkin ditelusuri lagi. Setelah diketahui *top event* maka selanjutnya adalah menganalisa untuk mendapatkan *intermediate event*. *Intermediate event* diketahui untuk penentuan factor penyebab terjadinya kecelakaan kerja. Factor yang diperoleh dari studi literature pada umumnya. Sehingga ada 4 faktor *intermediate event* yaitu Faktor Manusia, Faktor Manajemen, Faktor Lingkungan dan Faktor Teknis.



Gambar 4.1 Bagan *Top event*

4.4.4 Menentukan Basic Event

Basic Event adalah kondisi dimana suatu penyebab risiko sudah tidak mungkin diidentifikasi karena kurangnya informasi.

Berikut jenis basic Event berdasarkan Intermediate

Tabel 4.8 Basic Event

<i>Intermediate event</i>	Basic Event
Manusia	Kurang Hati – hati
	Kurang terampil
	Tidak Memiliki Pengetahuan yang cukup
	Keadaan Fisik yang kurang mendukung
	Kurang Konsentrasi
	Kurang motivasi
	Tidak semangat bekerja
	Pengaruh Bercanda
	Tekanan / Stress
	Tidak menggunakan APD
Manajemen	Kurangnya waktu pengawasan
	Perawatan yang tidak tepat
	Sosialisasi dan penyuluhan terbatas
	Penjadwalan kurang tepat
	Kurang komunikasi antar pihak
	Tidak ada Prosedur
Lingkungan	Licin
	Angin
	Tidak bersih
	Ruang kerja tidak nyaman
	Penerangan
	Uap
	Debu
<i>Intermediate event</i>	Basic Event
Lingkungan	Ruang kerja tidak bebas
Teknis	APD tidak sesuai standart
	Alat yang tidak banyak dipakai
	Kurang rambu keselamatan
	Tidak ada pagar pengaman
	Penempatan alat kurang tepat
	Alat tidak berfungsi
	Peralatan sudah tua

Sumber Hasil Survey dan Wawancara

Setiap kecelakaan kerja didapat hasil *intermediate event* dan basic event dari *top event* yang dianalisa. Berikut adalah penjelasannya.

1. Jari Tersayat Ujung Tulangan Besi
 - a. Faktor Manusia
 - Tidak Hati- hati = stress
 - Tidak Konsentrasi = Bercanda, Kurang motivasi
 - Kurang terampil = pendidikan, pengalaman
 - Tidak sesuai prosedur = tidak memakai APD
 - b. Faktor Manajemen
 - Sosialisasi terbatas = kurang pelatihan K3, kurang komunikasi dengan pihak K3
 - Kurangnya pengawasan dari K3= terbatasnya anggota K3, waktu pengawasan yang terbatas.
 - c. Faktor Lingkungan
 - Lokasi = tidak ada ruang gerak bebas, tidak nyaman, licin
 - Cuaca = debu, angin, penerangan
 - d. Faktor Teknis
 - Letak alat = posisi alat berbahaya,
 - Tidak sesuai prosedur = tidak paham penggunaan, tidak baca aturan memakai, tidak ada pengaman.
2. Terkena Tumpahan Adukan Beton dari Mixer
 - a. Faktor Manusia
 - Tidak Hati- hati = stress
 - Tidak Konsentrasi = Bercanda, Kurang motivasi
 - Kurang terampil = pendidikan, pengalaman
 - Tidak sesuai prosedur = tidak memakai APD, kurang pengetahuan
 - b. Faktor Manajemen
 - Sosialisasi terbatas = kurang pelatihan K3, kurang komunikasi dengan pihak K3

- Kurangnya koordinasi dari K3= terbatasnya anggota K3, waktu pengawasan yang terbatas.
 - c. Faktor Lingkungan
 - Lokasi = tidak ada ruang gerak bebas, tidak nyaman, tidak ada rambu pengaman, llicin, tidak rapi
 - Cuaca = debu, angin, penerangan
 - d. Faktor Teknis
 - Letak alat = posisi alat berbahaya, penempatan alat yang kurang tepat
 - Tidak sesuai prosedur = tidak paham penggunaan, tidak baca aturan memakai, tidak ada pengaman, alat tidak layak pakai.
3. Terkena Tumpahan Adukan Beton dari Mixer
- a. Faktor Manusia
 - Tidak Hati- hati = stress
 - Tidak Konsentrasi = Bercanda, Kurang motivasi
 - Kurang terampil = pendidikan, pengalaman
 - Tidak sesuai prosedur = tidak memakai APD, kurang pengetahuan
 - b. Faktor Manajemen
 - Sosialisasi terbatas = kurang pelatihan K3, kurang komunikasi dengan pihak K3
 - Kurangnya koordinasi dari K3= terbatasnya anggota K3, waktu pengawasan yang terbatas.
 - c. Faktor Lingkungan
 - Lokasi = tidak nyaman, llicin, tidak rapi
 - Cuaca = debu, angin, asap
 - d. Faktor Teknis
 - Letak alat = posisi alat berbahaya, penempatan alat yang kurang tepat
 - Tidak sesuai prosedur = tidak paham penggunaan, tidak baca aturan memakai, tidak ada pengaman, alat tidak layak pakai.




- Kondisi alat = tidak diperiksa sebelum digunakan, tidak berfungsi maksimal

4.4.5 Penggambaran FTA (*Fault tree analysis*)

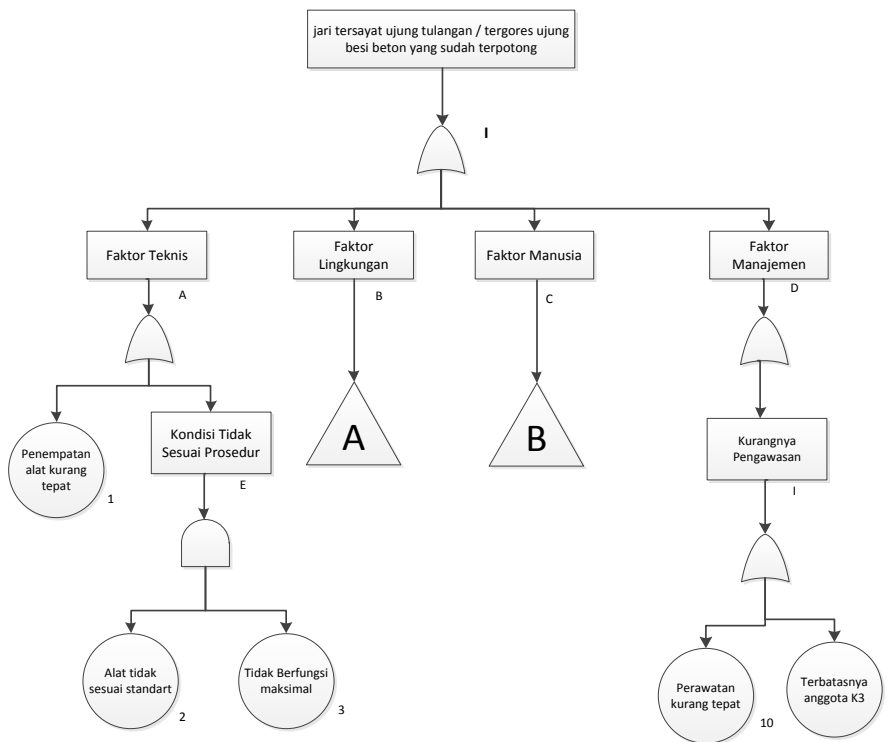
Setelah diketahui *Top event* yang berasal dari kecelakaan kerja yang terjadi serta factor factor penyebab dari kecelakaan kerja tersebut kemudian dapat dibagi menjadi intermediate dan basic event, maka dilanjutkan dengan pohon kegagalan. Penggambaran FTA dilakukan dengan adanya gerbang logika sebagai penghubung. Kejadian pada kontribusi pertama ke kontribusi kedua.

Gerbang logika adalah model logika yang digambarkan dengan symbol – symbol *OR GATE* dan *AND GATE*. Symbol ini digunakan dengan tujuan untuk mengetahui hubungan antara *top event* dengan *intermediate event* dengan basic event. Berikut symbol – symbol penggambaran FTA

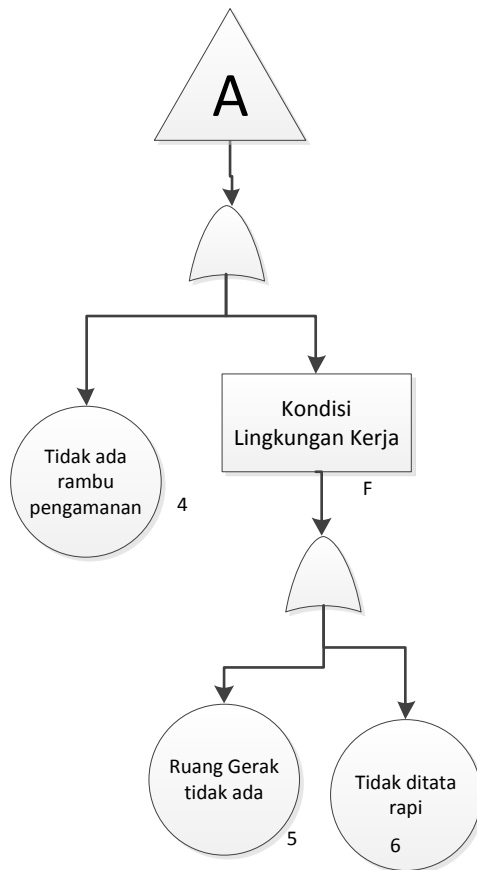
Tabel 4. 9 Simbol *Event Gate*

Symbol Event	Keterangan
Or gate 	Arti dari simbol or gate adalah output akan terjadi jika paling tidak ada satu input yang terjadi.
Symbol Event	Keterangan
And Gate 	arti dari symbol and gate adalah output akan terjadi jika semua input yang ada juga terjadi.
Transfer Symbol 	Transfer symbol adalah titik dimana sub fault tree bisa dimulai sebagai kelanjutan dari transfer out

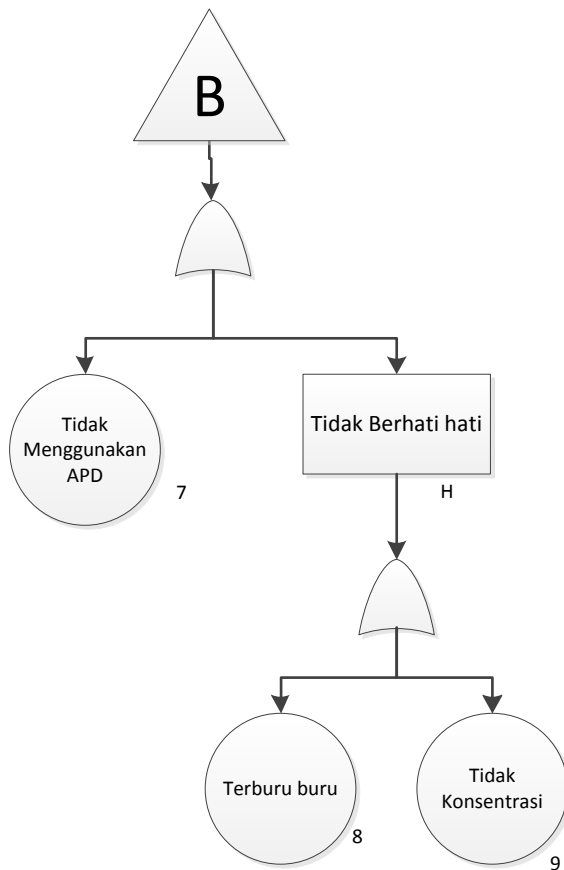
Penggambaran FTA diberikan notasi huruf dan angka yang bertujuan untuk mempermudah dalam pengerjaan kombinasi basic event. *Top event* diberi angka romawi, *intermediate event* diberi notasi huruf, sedangkan untuk basic event diberi notasi angka. Berikut penyelesaian penggambaran *Fault tree analysis*.



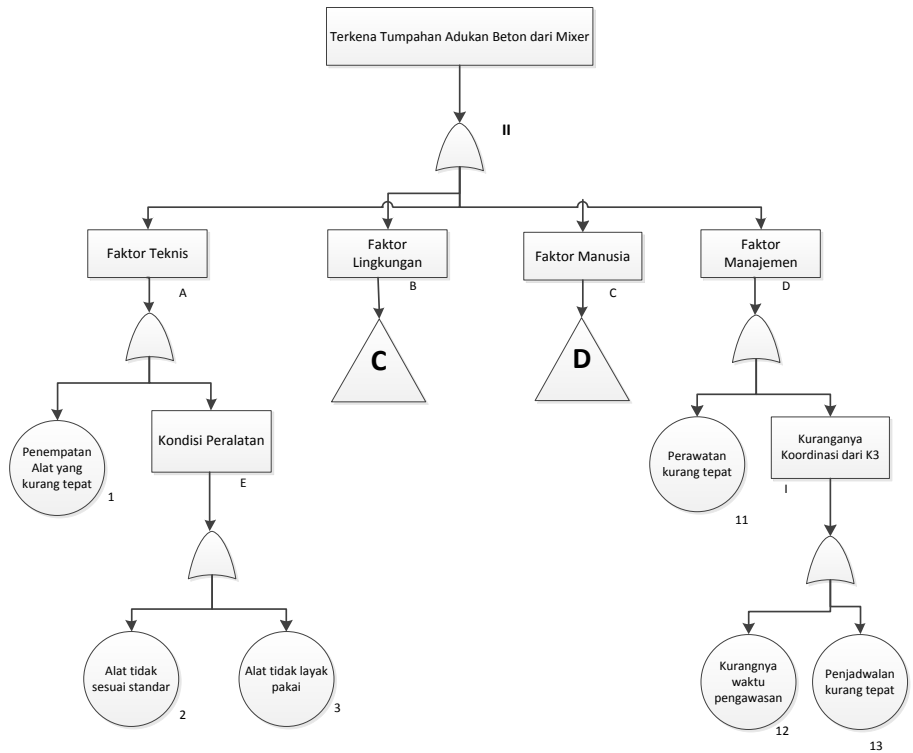
Gambar 4. 2 Bagan *Fault tree analysis* Jari tersayat ujung tulangan / tergores ujung besi beton yang sudah terpotong



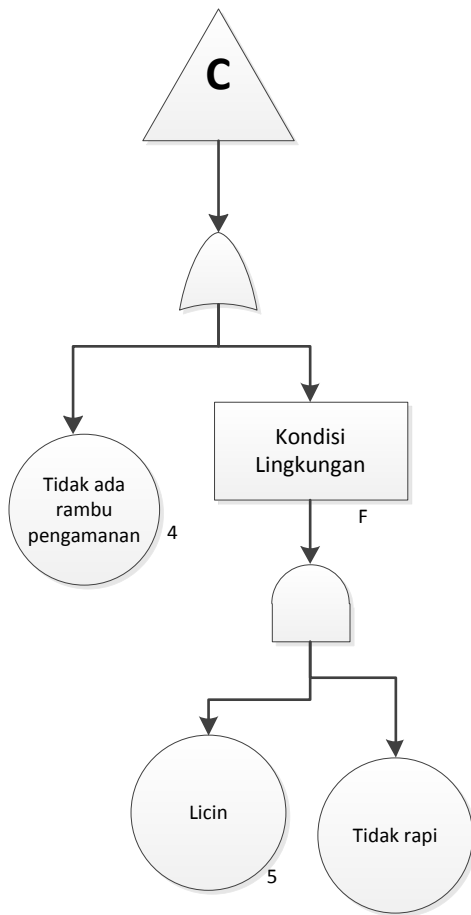
Gambar 4. 3 Bagan *Intermediate event* Jari tersayat ujung tulangan / tergores ujung besi beton yang sudah terpotong



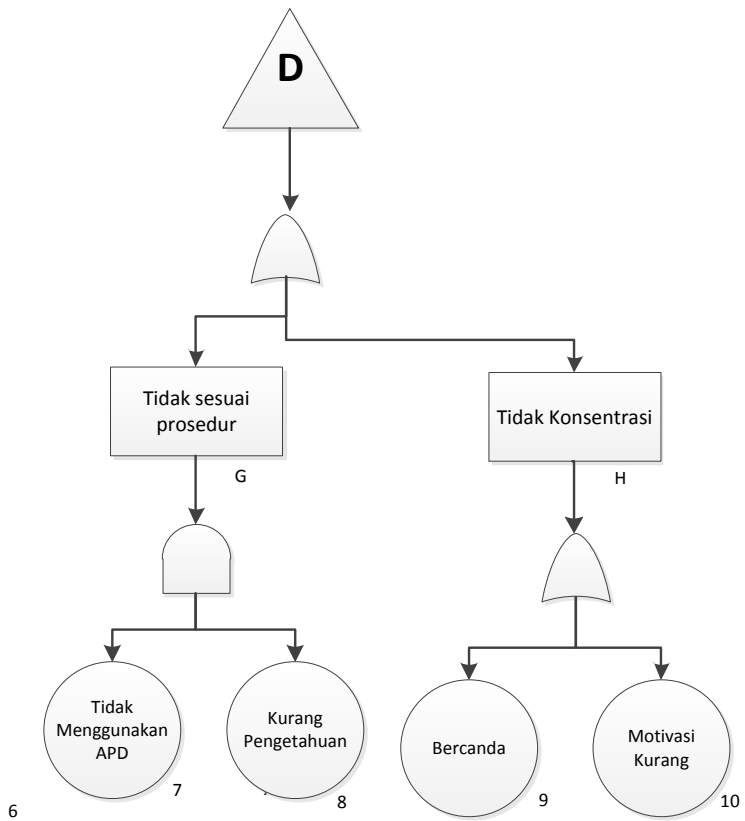
Gambar 4. 4 Bagan *Intermediate event* Jari tersayat ujung tulangan / tergores ujung besi beton yang sudah terpotong



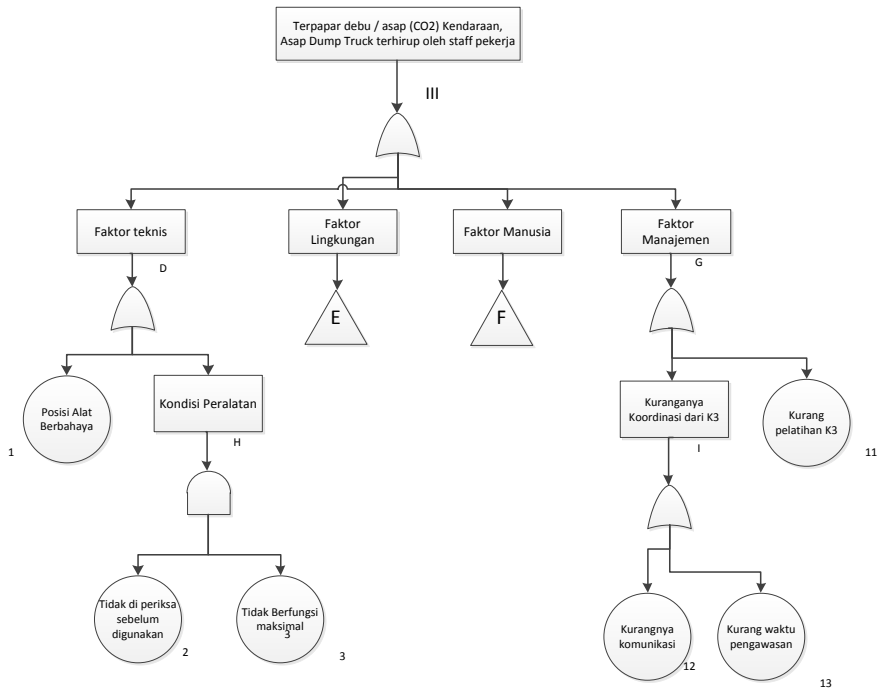
Gambar 4. 5 Bagan *Fault tree analysis* Terkena tumpahan adukan beton dari mixer



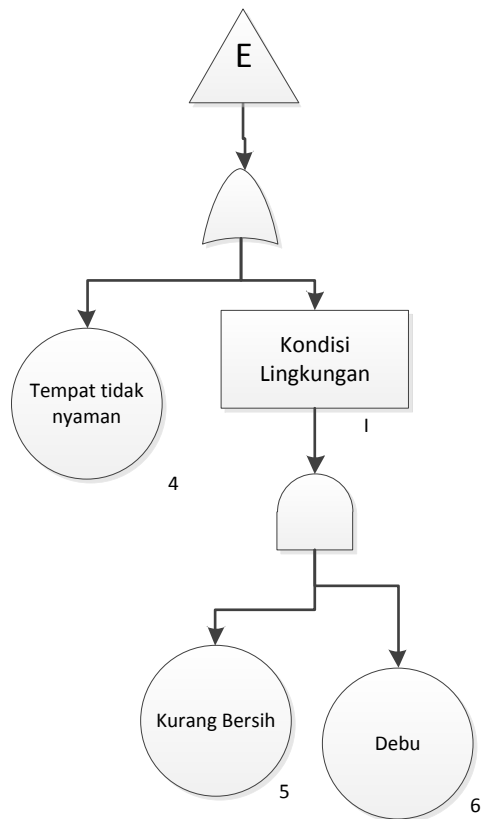
Gambar 4. 6 Bagan *Intermediate event* Terkena tumpahan adukan beton dari mixer



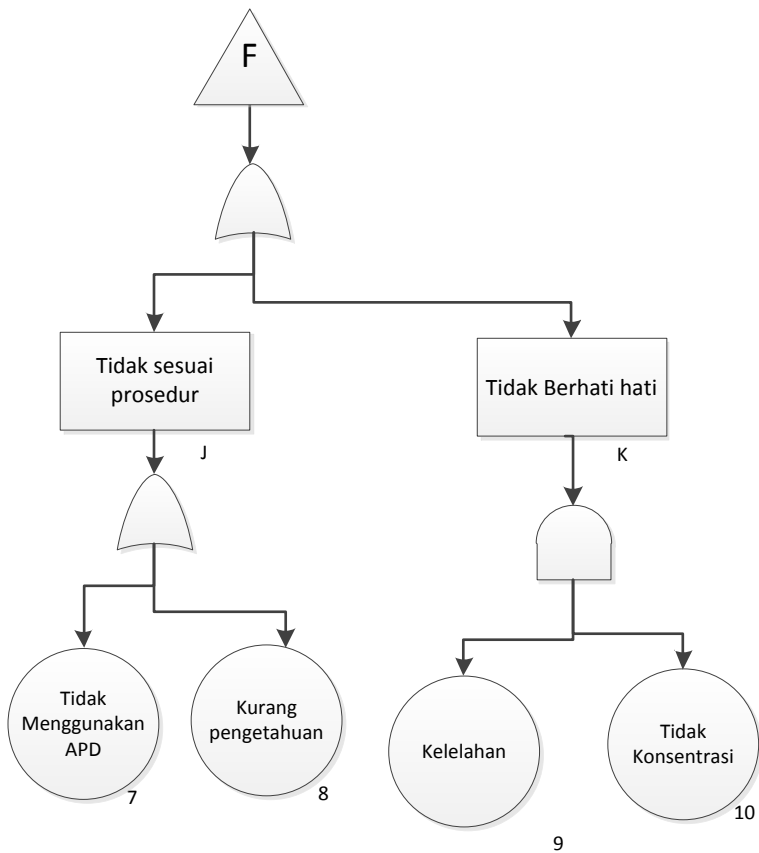
Gambar 4. 7 Bagan *Intermediate event* Terkena tumpahan adukan beton dari mixer



Gambar 4. 8 Bagan *Fault tree analysis (FTA)* Terpapar debu /asap (CO2) kendaraan, asap dump truk terhirup oleh staff pekerja.



Gambar 4. 9 Bagan *Intermediate event* Terpapar debu /asap (CO₂) kendaraan, asap dump truk terhirup oleh staff pekerja.



Gambar 4. 10 Bagan *Intermediate event* Terpapar debu /asap (CO₂) kendaraan, asap dump truk terhirup oleh staff pekerja.

4.5 Kombinasi Basic Event dengan Metode MOCUS

Hasil penggambaran diagram *Fault tree analysis* akan dianalisa dengan menentukan Cut Set. Cut Set adalah kombinasi dari berbagai basic event yang dapat menimbulkan kecelakaan. Mocus merupakan metode untuk mendapatkan cut set dan minimum cut set. Kombinasi dari basic event didapat dari FTA yang telah digambar sebelumnya.

Berikut ini merupakan langkah – langkah untuk menentukan MOCUS :

1. Dari gambar FTA, diberikan huruf A, B, C dst merupakan *intermediate event*. Basic event diberi symbol 1,2,3 dst (lihat gambar 4.2)
2. Diawali dengan membuka gerbang *top event*, misalnya mode kegagalan Jari tersayat ujung tulang / tergores ujung besi beton yang sudah terpotong. Dengan membuka gerbang “Jari tersayat ujung tulang / tergores ujung besi beton yang sudah terpotong” sebagai gate I (GI), maka dibawahnya akan ditulis GA,GB,GC,GD yang mana penulisannya diurutkan kebawah. Pada kecelakaan “Jari tersayat ujung tulang / tergores ujung besi beton yang sudah terpotong” diberi *symbol or gate* yang menunjukkan bahwa *top event* dan *intermediate event* tidak saling berhubungan dan paling tidak satu *input event* terjadi. Sebaliknya jika dihubungkan dengan *and gate* maka ditulis sejajar karena saling berhubungan dan semua input terjadi secara bersamaan.
3. Gerbang dibuka secara berurutan dari kiri ke kanan sampai ke *basic event*nya. Setiap gerbang yang belum dibuka akan tetap dituliskan lagi kebawahnya.

4. Setiap angka yang sudah terbuka juga akan tetap dimunculkan pada tiap gerbang yang sudah dibuka
5. Semua gerbang harus terbuka hingga semua angka keluar dan begitu juga *basic event*

Berikut adalah hasil dari kombinasi basic event dari berbagai kecelakaan kerja yang telah tergambar pada bagan pohon kegagalan

1. Jari tersayat ujung tulangan / tergores ujung besi beton yang sudah terpotong

GI (Or Gate)
GA
GB
GC
GD

GA (Or Gate)
1
GE
GB
GC
GD

GE (And Gate)
1
2,3
GB
GC
GD

GB (Or Gate)
1
2,3
4
GF
GC
GD

GF (Or Gate)
1
2,3
4
5,6
GC
GD

GC (Or Gate)
1
2,3
4
5,6
7
GH
GD

GH (Or Gate)
1
2,3
4
5,6
7
8,9
GD

GD (Or Gate)
1
2,3
4
5,6
7
8,9
10,11

2 Terkena tumpahan adukan beton dari mixer

GII (Or Gate)
GB
GC
GD
GE

GG (And Gate)
1
2,3
4
5,6
GD
GE

GB (Or Gate)
1
GF
GC
GD
GE

GD (Or Gate)
1
2,3
4
5,6
GH
GI

GF (And Gate)
1
2,3
GC
GD
GE

GH (Or Gate)
1
2,3
4
5,6
7,8
GI

GC (Or Gate)
1
2,3
4
GG
GD
GE

GI (Or Gate)
1
2,3
4
5,6
7,8
9,10

3 Terpapar debu /asap (CO_2) kendaraan, asap dump truk terhirup oleh staff pekerja

GIII (Or Gate)
GD
GE
GF
GG

GH (and gate)
1
2,3
GE
GF
GG

GD (Or Gate)
1
GH
GE
GF
GG

GE (Or Gate)
1
2,3
4
GI
GF
GG

GI (And Gate)
1
2,3
4
5,6
GF
GG

GK (And Gate)
1
2,3
4
5,6
7,8
9,10
GG

GF (And Gate)
1
2,3
4
5,6
GJ

GG (And Gate)
1
2,3
4
5,6
7,8
9,10
11
GL

GJ (Or Gate)
1
2,3
4
5,6
7,8
GK
GG

GL (Or Gate)
1
2,3
4
5,6
7,8
9,10
11
12,13

Tabel 4.10 *Method for Obtain Cut Set (MOCUS)* Jari tersayat ujung tulangan / tergores ujung besi beton yang sudah terpotong

<i>Minimal Cut Set (MOCUS)</i>	
1	Penempatan alat kurang tepat
2,3	Alat tidak sesuai standar, tidak berfungsi maksimal
4	Tidak ada rambu pengaman
5,6	Ruang gerak tidak ada, tidak ditata rapi
7	Tidak menggunakan APD
8,9	Terburu-buru, tidak konsentrasi
10,11	Perawatan kurang tepat, terbatasnya anggota K3

Cara membaca table *Method for Obtain Cut Set (MOCUS)* Jari tersayat ujung tulangan / tergores ujung besi beton yang sudah terpotong adalah sebagai berikut :

Penyebab kecelakaan “Jari tersayat ujung tulangan / tergores ujung besi beton yang sudah terpotong” adalah penempatan alat kurang tepat atau alat tidak sesuai standard dan tidak berfungsi maksimal atau tidak ada rambu pengaman atau ruang gerak tidak ada dan tidak ditata rapi atau tidak menggunakan APD atau terburu – buru dan tidak konsentrasi atau perawatan kurang tepat dan terbatasnya anggota K3.

Hasil dari FTA pada risiko kecelakaan Jari tersayat ujung tulangan / tergores ujung besi beton yang sudah terpotong menghasilkan 11 basic event sedangkan dengan analisa MOCUS yang sudah dilakukan dengan menghasilkan 7 kombinasi basic event. Hasil analisa dan evaluasi risiko ditentukan apakah suatu risiko dapat diterima atau tidak. Jika risiko dapat diterima, tentunya tidak diperlukan langkah pengendalian lebih lanjut. Perusahaan atau pihak kontraktor cukup dengan melakukan pemantauan dan monitoring berkala dalam pelaksanaan proyek.

Tabel 4.11 *Methode Obtain Cut Set (MOCUS)* Terkena tumpahan adukan beton dari mixer

<i>Minimal Cut Set (MOCUS)</i>	
1	Penempatan alat kurang tepat
2,3	Alat tidak sesuai standar, alat tidak layak pakai
4	Tidak ada rambu pengaman
5,6	Licin, tidak rapi
7,8	Tidak menggunakan APD, Kurang pengetahuan
9,10	Bercanda, motivasi kurang
11	Perawatan kurang tepat
12,13	Kurangnya waktu pengawasan, penjadwalan kurang tepat

Cara membaca table *Methode for Obtain Cut Set (MOCUS)* Terkena tumpahan adukan beton dari mixer adalah sebagai berikut :

Penyebab kecelakaan “Terkena tumpahan adukan beton dari mixer” adalah penempatan alat kurang tepat atau alat tidak sesuai standard dan alat tidak layak pakai atau tidak ada rambu pengaman atau licin dan tidak rapi atau tidak menggunakan APD dan kurang pengetahuan atau bercanda dan motivasi kurang atau perawatan kurang tepat atau kurangnya waktu pengawasam dan penjadwalan kurang tepat.

Hasil dari FTA pada risiko Terkena tumpahan adukan beton dari mixer menghasilkan 13 basic event sedangkan dengan analisa MOCUS yang sudah dilakukan dengan menghasilkan 8 kombinasi basic event. Hasil analisa dan evaluasi risiko ditentukan apakah suatu risiko dapat diterima atau tidak. Jika risiko dapat diterima, tentunya tidak diperlukan langkah pengendalian lebih lanjut. Perusahaan atau pihak kontraktor

cukup dengan melakukan pemantauan dan monitoring berkala dalam pelaksanaan proyek.

Tabel 4.12 *Method Obtain Cut Set (MOCUS)* Terpapar debu /asap (CO₂) kendaraan, asap dump truk terhirup oleh staff pekerja

<i>Minimal Cut Set (MOCUS)</i>	
1	Posisi alat berbahaya
2,3	Tidak diperiksa sebelum digunakan, tidak berfungsi maksimal
4	Tempat tidak nyaman
5,6	Kurang bersih, debu
7,8	Tidak menggunakan APD, Kurang pengetahuan
9,10	Kelelahan, tidak konsentrasi
11	Kurang pelatihan K3
12,13	Kurangnya komunikasi, Kurangnya waktu pengawasan

Cara membaca table *Method for Obtain Cut Set (MOCUS)* Terpapar debu /asap (CO₂) kendaraan, asap dump truk terhirup oleh staff pekerja adalah sebagai berikut :

Penyebab kecelakaan “Terpapar debu /asap (CO₂) kendaraan, asap dump truk terhirup oleh staff pekerja” adalah posisi alat berbahaya atau tidak diperiksa sebelum digunakan dan tidak berfungsi maksimal atau tempat tidak nyaman atau kurang bersih dan berdebu atau tidak menggunakan APD dan kurang pengetahuan atau kelelahan dan tidak konsentrasi atau kurang pelatihan K3 atau kurangnya pengawasan komunikasi dan kurangnya waktu pengawasan.

Hasil dari FTA pada risiko Terpapar debu /asap (CO₂) kendaraan, asap dump truk terhirup oleh staff pekerja menghasilkan 13 basic event sedangkan dengan analisa MOCUS yang sudah dilakukan dengan menghasilkan 8 kombinasi basic

event. Hasil analisa dan evaluasi risiko ditentukan apakah suatu risiko dapat diterima atau tidak. Jika risiko dapat diterima, tentunya tidak diperlukan langkah pengendalian lebih lanjut. Perusahaan atau pihak kontraktor cukup dengan melakukan pemantauan dan monitoring berkala dalam pelaksanaan proyek.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB V

Kesimpulan dan Saran

Pembahasan dalam bab 5 ini terdiri dari kesimpulan dan saran. Kesimpulan merupakan hasil penelitian secara keseluruhan, sedangkan saran yang dimaksud adalah saran terhadap hal – hal yang perlu dilakukan agar hasil penelitian ini menjadi hal – hal yang harus diperhatikan pada penelitian lebih lanjut yang berkaitan dengan topik penelitian ini.

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis risiko dapat disimpulkan bahwa :

- A. Berikut ini adalah risiko kecelakaan kerja pada proyek Apartemen Linden Tower II yang tertinggi dengan metode FMEA adalah :
 - a. Terpapar debu / asap kendaraan (CO₂) pada pekerjaan Galian dan Timbunan Tanah
 - b. Terkena tumpahan adukan beton dari mixer pada pekerjaan Pengecoran (*In Situ Concrete*)
 - c. Jari tersayat ujung tulangan / tergores besi beton yang sudah terpotong pada pekerjaan produksi dan pembesian (*rebar fabrication*)
- B. Faktor Penyebab dari risiko kecelakaan kerja tertinggi berdasarkan metode yang digunakan yaitu metode FTA adalah :
 - a. Terkena tumpahan adukan beton dari mixer pada pekerjaan Pengecoran (*In Situ Concrete*) disebabkan oleh 4 faktor yaitu factor manusia, factor manajemen, factor lingkungan dan factor teknis. Dalam factor manusia penyebab yang paling mendasar adalah tidak menggunakan APD, kurang pengetahuan, bercanda, motivasi kurang. Dalam factor manajemen penyebab yang paling mendasar adalah perawatan kurang tepat,

kurangnya waktu pengawasan, penjadwalan kurang tepat. Dalam factor lingkungan penyebab yang paling mendasar adalah tidak ada rambu pengaman, licin, tidak rapi. Dalam factor teknis penyebab yang paling mendasar adalah penempatan alat yang kurang tepat, alat tidak sesuai standar, alat tidak layak pakai

- b. Jari tersayat ujung tulangan / tergores besi beton yang sudah terpotong pada pekerjaan produksi dan pembesian (*rebar fabrication*) disebabkan oleh 4 faktor yaitu factor manusia, factor manajemen, factor lingkungan dan factor teknis. Dalam factor manusia penyebab yang paling mendasar adalah tidak menggunakan APD (Alat Pelindung Diri), terburu – buru, dan tidak konsentrasi. Dalam factor manajemen penyebab yang paling mendasar adalah perawatan kurang tepat, dan terbatasnya anggota K3. Dalam factor lingkungan penyebab yang paling mendasar adalah tidak ada rambu peringatan, ruang gerak tidak ada, tidak ditata rapi. Dalam factor teknis penyebab yang paling mendasar adalah penempatan alat kurang tepat.
- c. Terpapar debu / asap kendaraan (CO_2) pada pekerjaan galian dan timbunan tanah disebabkan oleh 4 faktor yaitu factor manusia, factor manajemen, factor lingkungan dan factor teknis. Dalam factor manusia penyebab yang paling mendasar adalah tidak menggunakan APD (Alat Pelindung Diri), kurang pengetahuan, tidak konsentrasi, dan kelelahan. Dalam factor manajemen penyebab yang paling mendasar adalah kurang pelatihan K3, kurangnya komunikasi, kurang waktu pengawasan. Dalam factor lingkungan penyebab yang paling mendasar adalah tempat tidak nyaman, kurang bersih dan berdebu. Dalam factor teknis penyebab yang paling mendasar adalah

posisi alat berbahaya, tidak diperiksa sebelum digunakan, tidak berfungsi maksimal

5.2 Saran

Tentunya hasil penelitian Tugas Akhir ini masih belum sempurna. Beberapa factor yang mempengaruhi hasil penelitian yaitu padatnya jam kerja proyek dan lokasi proyek mengakibatkan responden kelelahan dan kurang konsentrasi saat melakukan pengisian kuesioner. Sehingga hasil yang didapat dari kuesioner belum maksimal.

Saran untuk penelitian sejenis berikutnya adalah dalam pengisian kuesioner sebaiknya dilakukan saat responden benar – benar memiliki waktu yang cukup untuk mengisi kuesioner.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

Daftar Pustaka

- AS/NZS 4360, 3rd Edition The Australian and New Zealand Standard in Risk Management, *Broadleaf Capital International* Pty Ltd, NSW Australia.
- Carlson, Carl. 2012. Effective FMEAs : Achieving safe, reliable, and economical products and processes using failure mode and effect analysis. Canada: United States of America
- Croucher, K., Myers, L., Bretherton, J., 2008. *Greenpace Scotland Scotland* : Scottish natural Heritage and NHS Health Scotland
- Dannyanti, Eka., 2010, *Optimalisasi Pelaksanaan Proyek dengan Metode Pert dan Cpm* (Studi Kasus Twin Tower Building Pasca Sarjana Undip), Skripsi, FT, Undip, Semarang.
- Darmawi, Hermawan, 2011. *Manajemen Risiko*, Bumi Aksara, Jakarta.
- Department of Resources Energy and Tourism. 2008. *Risk Assessment and Risk Management*. Canberra: Commonwealth of Australia.
- Dr. Suma'mur P.K., M.S.C. 1981. *Kesehatan dan Keselamatan Pencegahan Kecelakaan*, Jakarta.
- Ervianto, Wulfram I., 2002. *Manajemen Proyek Konstruksi*, Edisi Pertama, Salemba Empat, Yogyakarta.
- Gaspersz, Vincent. 2002. *Total Quality Management*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.
- Kountur, Ronny, 2008. *Mudah Memahami Manajemen Risiko Perusahaan*, PPM, Jakarta.
- Megasari, A. 2005. *Modul Mata Kuliah Teknik Evaluasi Bahaya (Manajemen Risiko)*. Surabaya: Program Studi D4 Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja PPNS-ITS.
- Modarres, Mohammad, (1999), *Reliability Engineering and Risk Analysis*, Marcel Dekker Inc, New York.

- Pramana, Tony, 2011. *Manajemen Risiko Bisnis*, Sinar Ilmu, Jakarta.
- Ramli, Soehatman.2009. *Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja OHSAS 18001*. Jakarta. Dian Rakyat.
- Silalahi, Bennet 1995. *Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja*. Bina Rupa Aksara, Jakarta.
- standar internasional ISO 31000
- Susilo, Leo J, Victor Riwu Kaho. 2010. *Manajemen Risiko berbasis ISO 31000 untuk industry non perbankan*, PPM, Jakarta.

Lampiran 1

DESKRIPSI PROYEK

Nama Proyek : Marvell City Linden Tower



Lokasi Proyek : Surabaya
Pemilik Proyek : PT. Assa Land



Kontraktor Proyek : beyond construction

Konsultan Pengawas Proyek :  Ciriayasa Cipta Mandiri
Construction Management Consultant



Safety Kontraktor Proyek : beyond construction

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya, 15 November 1992, merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Paripurna Surabaya, SDN Jajar Tunggal 3/452 Surabaya, SMPN 16 Surabaya dan SMA Trimurti Surabaya. Setelah lulus dari SMA Trimurti tahun 2010, Penulis melanjutkan studi tingkat diploma di D3 Teknik Sipil ITS pada tahun 2010 dengan Bidang Studi Transportasi, kemudian penulis diterima Lintas Jalur di

Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP. 3113.105.029.

Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan organisasi SKALA yang diselenggarakan oleh Jurusan Diploma Teknik Sipil ITS, dan penulis juga aktif di beberapa kegiatan seminar yang diselenggarakan oleh Jurusan Himpunan Mahasiswa Diploma Teknik Sipil (HMDS) maupun seminar yang diselenggarakan diluar jurusan Diploma Teknik Sipil. Di jurusan Lintas Jalur Teknik Sipil ITS penulis juga aktif mengikuti seminar nasional diselenggarakan oleh pihak ITS maupun pihak luar. Penulis juga aktif dalam bidang non akademis seperti kegiatan social dibawah lembaga keagamaan. Jika ingin berkorespondensi dengan penulis silahkan email di miraanjargita@gmail.com